



Universidad  
Carlos III de Madrid



Escuela Politécnica Superior  
Ingeniería en Informática

PROYECTO FIN DE CARRERA

**PLATAFORMA DE VIRTUALIZACIÓN PARA  
TELETRABAJADORES DE LA UC3M  
DESARROLLADA CON SOFTWARE LIBRE**

**Autor:** Sergio Gil Blázquez  
**Tutor:** Vicente Palacios Madrid

Octubre 2011



# Agradecimientos

---

Con la consecución de este proyecto me acuerdo de mucha gente que me ha apoyado durante estos siete años. Siete años en los que he empleado mucho esfuerzo y sacrificado muchas horas de sueño. Además, en esta época he vivido numerosas experiencias llenas de alegrías, complicaciones, sacrificios y sorpresas, que me han permitido formarme, tanto a nivel académico como a nivel personal.

Primeramente, me gustaría agradecerles enormemente a mis padres y a mis hermanas todo el apoyo que me han dado durante todos estos años. Ellos han sufrido mis cabreos cuando las cosas no salían bien y también las alegrías cuando al final todo salía como debía. Por ello, espero que, al igual que yo, estén contentos por mi finalización de la carrera.

También me gustaría agradecer a toda mi familia, en general, sus continuos ánimos y apoyos que me han ofrecido. Siempre me han prestado ayuda cuando he necesitado quedarme a comer en casa de alguno de ellos o incluso a dormir. Además, los ratos compartidos en familia me han proporcionado esos pequeños momentos de distracción que siempre hacen falta para desconectar un rato de los estudios.

Gracias a todos los compañeros que he tenido durante la carrera, con los que he pasado muchos momentos que no olvidaré: dejar que se enfriara una pizza por culpa de terminar de comentar la práctica de programación hasta las tantas; improvisar un spot publicitario, grabarlo en vídeo y subirlo a *Youtube* en tiempo record; quedarse hasta tarde en la universidad un viernes para entregar una práctica hasta que te apagan las luces del edificio y, finalmente, entregar la práctica en la calle, en la escalera de la biblioteca para coger WIFI mientras la gente que va de botellón se te queda mirando; pasar clases enteras jugando al PAC-MAN sin que ello resultara una pérdida de tiempo y picarse con el resto de grupos porque sus técnicas de mejora no eran de computación biológica; discutir y sufrir lo indecible y ponerse de acuerdo con seis personas más para generar una cantidad de documentación bíblica, dándose una paliza increíble durante todo el cuatrimestre; utilizar un agente autónomo para jugar a un juego de cartas en una consola; ... En fin, y podría continuar durante varias páginas relatando las distintas anécdotas sobre prácticamente la entrega de todas las prácticas.

Por supuesto, no puedo dejar de acordarme de todos mis amigos, tanto los conocidos en la universidad, como los que tenía de antes, los cuales me han ofrecido ayuda con opiniones, ideas y muy buenos ratos de fin de semana y vacaciones. Gracias a Christian por aportarme claridad en las ideas siempre que lo he necesitado y esas noches de conversaciones trascendentales; a Patri por su grandísimo apoyo desde que la conocí en todos los aspectos de mi vida; a Patri Escoda por esas cenas en el VIPS con batido de chocolate y su buen sentido del humor; a Yoli por sus idas de olla, sus preguntas informáticas y todo su cariño; a Aroa por siempre estar dispuesta a ayudar y a ofrecerte una sonrisa; a mi primo Alberto por sus partidos de frontón y largas jornadas de bici en el pueblo, siempre acompañadas de muy buenas conversaciones; a Amanda por sus continuas ideas disparatadas pero siempre bienintencionadas y esos viajes a Francia; a Darío por ponerle siempre un punto de humor a cualquiera que sea la situación y por esos partidos de fútbol desde que terminamos el instituto; a Carmen por contarme sus historias cotidianas cada vez

que nos vemos que siempre me dibujan una sonrisa en la cara sin importar lo mal que estuviera el día; a Raquel por su apoyo incondicional, su disposición para ayudar en lo que pueda y esas clases de instituto en las que charlábamos tanto y, por último, gracias a todos los amigos/as que tengo repartidos por toda España, a los cuáles no puedo ver tan a menudo como me gustaría pero que todos ellos, en algún momento, me han aportado mucho como personas.

Igualmente, me acuerdo mucho de los profesores que especialmente hicieron que mi experiencia con los estudios resultara agradable, divertida e interesante y que, en definitiva, propiciaron mi continuación con los estudios en la universidad. Sería imposible nombrarlos a todos ellos, pero especialmente agradezco a mis profesores del instituto: Antonio Morcuende, Inmaculada Gutiérrez, Ana Rosa Hernández, Elia Añón, Juan Manuel Delgado y Adoración Aboy, porque todos y cada uno de ellos me han aportado muchas cosas durante los años que me dieron clase, tanto a nivel académico como a nivel personal, gracias por su gran implicación con la educación.

Por último, y como no podía ser de otra forma, me gustaría agradecer a mis amigos y compañeros de la OSL. A Alberto por esas dosis de ironía que nunca termino de pillar, su sentido común y sus, siempre razonables, soluciones para todo. A Vicente por su inestimable ayuda, tanto en el proyecto, como en cualquiera que haya sido el problema que tuviera, por sus carcajadas en el despacho que siempre te alegran la mañana y por sus innumerables consejos. Y por último y más importante, gracias a Lucía, porque desde que la conocí, me ha acompañado a donde quiera que haya ido, ha sido mi punto de referencia en gran parte de las decisiones que he ido tomando, me ha ofrecido su apoyo en los momentos de desasosiego y tristeza, ha escuchado todos mis problemas y preocupaciones y me ha proporcionado, y lo sigue haciendo, una grandísima felicidad durante todos estos años.

A todos vosotros, gracias.

---

V

# Resumen

---

Actualmente, son muchos los trabajadores que emplean mucho más tiempo del que les gustaría en desplazarse a su puesto de trabajo. Y es que ese tiempo desperdiciado a lo largo de la semana puede suponer un período importante que bien podría aprovecharse para otro tipo de tareas.

De este modo, ofrecer a un trabajador la posibilidad de ahorrarse ese desplazamiento diario a cambio de trabajar en su hogar puede resultar una alternativa muy a tener en cuenta para muchos empleados.

Pero para que las empresas e instituciones puedan ofrecer a un trabajador la posibilidad de que desempeñe sus tareas laborales desde el hogar, deben existir técnicas que permitan dar soporte de manera estable, simple, rápida y barata.

En este punto es donde entran en juego los avances tecnológicos que estamos experimentando a lo largo de las últimas décadas. Hoy en día, Internet, tiene presencia en casi cualquier parte del mundo, lo que proporciona que las comunicaciones sean más sencillas y rápidas. Siguiendo esta línea, representaría una mejora cualitativa poder proporcionar a los empleados, a través de Internet, los recursos que necesitan para trabajar, en un lugar cercano a sus domicilios, o incluso en sus propios hogares.

Habitualmente, estos recursos necesarios atañen a un ordenador con las aplicaciones propias del trabajo concreto que desarrollen. Así, la idea general sería la de ofrecer el uso de un ordenador a través de Internet. Con técnicas de escritorio remoto, los trabajadores podrían conectarse a su propio equipo físico desde cualquier parte del mundo, y así, poder desempeñar su trabajo.

Pero dando un paso más, si existiera una forma de poder ahorrarse los equipos físicos y el mobiliario que éstos requieren, así como los recursos energéticos y de mantenimiento que requiere un puesto de trabajo presencial, las empresas e instituciones podrían, además de ofrecer un servicio muy interesante a los trabajadores, reducir costes importantes.

Este proyecto trata de aportar una solución a todos los problemas anteriormente retratados. Mediante el desarrollo de una plataforma de virtualización, se puede proveer de máquinas virtuales, con prestaciones casi idénticas a las de máquinas físicas, a través de Internet, de manera que los empleados puedan conectarse a ella de manera remota y puedan desempeñar su trabajo desde cualquier parte. Todas estas características, mediante unas herramientas estables, de fácil manejo y de bajo coste.

De este modo, se deja una puerta abierta hacia nuevas estructuras organizacionales mucho más eficientes en cuanto a recursos y que tengan por base el teletrabajo.



# Índice

---

<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación .....	3
1.2. Objetivos .....	4
1.3. Estructura del proyecto.....	5
<b>Capítulo II. Estado de la cuestión.....</b>	<b>7</b>
2.1. Teletrabajo .....	7
2.1.1. Motivaciones del teletrabajo .....	9
2.1.2. Dificultades que plantea .....	12
2.1.3. Ventajas para los teletrabajadores .....	15
2.1.4. Ventajas para las empresas .....	17
2.1.5. Ventajas para la sociedad .....	19
2.1.6. Modalidades de teletrabajo.....	21
2.2. Software Libre .....	22
2.2.1. Qué es el SL.....	23
2.2.2. Historia del software libre .....	27
2.2.3. Ventajas y desventajas del software libre frente al software propietario .....	29
2.2.4. Reflexiones .....	36
2.3. Virtualización .....	38
2.3.1. En qué consiste la virtualización.....	40
2.3.2. Tipos de virtualización .....	43
2.3.3. Tipos de máquinas virtuales .....	47
2.3.4. Ventajas que proporciona.....	48
2.3.5. Soluciones de virtualización .....	50
<b>Capítulo III. Herramientas para la elaboración del proyecto .....</b>	<b>61</b>
3.1. Infraestructura de los servidores.....	61
3.1.1. Sistema operativo.....	62
3.1.2. Sistema de virtualización .....	66



3.1.3.	Sistema de almacenamiento .....	66
3.1.4.	Sistema de gestión de volúmenes .....	67
3.1.5.	Aplicaciones de medición de rendimiento .....	72
3.1.6.	Otras .....	74
3.2.	Herramientas de gestión desarrolladas .....	77
3.2.1.	Clonación de máquinas virtuales .....	78
3.2.2.	Gestión de máquinas virtuales .....	78
3.2.3.	Limpieza de dispositivos LVM2.....	79
3.3.	Infraestructura de los clientes .....	79
<b>Capítulo IV.</b>	<b>Desarrollo del proyecto .....</b>	<b>82</b>
4.1.	Fase inicial .....	82
4.2.	Análisis del sistema .....	84
4.2.1.	Diagramas de casos de uso .....	85
4.2.2.	Especificación de requisitos .....	112
4.3.	Diseño arquitectónico .....	131
4.3.1.	Evaluación de plataformas de virtualización .....	133
4.3.2.	Infraestructura Hardware .....	136
4.3.3.	Infraestructura Software .....	137
4.4.	Diseño detallado.....	139
4.4.1.	Funcionalidad con Proxmox .....	140
4.4.2.	Funcionalidad con scripts .....	148
4.5.	Implantación del sistema .....	149
4.5.1.	Instalación de los servidores .....	150
4.5.2.	Configuración del sistema .....	157
4.5.3.	Configuración de almacenamiento .....	159
4.5.4.	Configuración de máquina virtual inicial.....	162
4.5.5.	Comprobaciones de rendimiento .....	163
4.5.6.	Convocatoria de teletrabajadores .....	164
4.5.7.	Inserción de máquinas virtuales en la plataforma .....	164
4.5.8.	Comprobaciones y configuraciones finales.....	165
4.6.	Plan de pruebas .....	166

4.6.1. Pruebas de aceptación .....	166
4.6.2. Pruebas de rendimiento .....	177
4.7. Producción .....	180
4.8. Resumen del proyecto.....	181
4.8.1. Planificación .....	181
4.8.2. Resumen de costes.....	185
<b>Capítulo V. Conclusiones.....</b>	<b>187</b>
<b>Capítulo VI. Líneas futuras.....</b>	<b>189</b>
<b>Capítulo VII. Referencias.....</b>	<b>190</b>
<b>Capítulo VIII. Anexos .....</b>	<b>196</b>
8.1. Anexo I: Script de clonación de máquinas virtuales .....	196
8.2. Anexo II: Script de gestión de máquinas virtuales.....	197
8.3. Anexo III: Script de limpieza de dispositivos LVM2 .....	199

# Índice de figuras

---

<i>Figura 1: La evolución de la informática a grandes rasgos.</i>	2
<i>Figura 2: Impacto medioambiental del teletrabajo.</i>	8
<i>Figura 3: Richard Stallman.</i>	23
<i>Figura 4: Logo de la Free Software Foundation.</i>	25
<i>Figura 5: Logo de la Open Source Initiative.</i>	25
<i>Figura 6: Diagrama del funcionamiento del Software Libre.</i>	26
<i>Figura 7: Logo de FreeBSD.</i>	28
<i>Figura 8: Linus Torvalds.</i>	28
<i>Figura 9: Logos de Linux y GNU.</i>	29
<i>Figura 10: Sistema de información virtualizado.</i>	40
<i>Figura 11: Virtualización.</i>	42
<i>Figura 12: Hipervisor tipo 1.</i>	43
<i>Figura 13: Hipervisor tipo 2.</i>	43
<i>Figura 14: Emulación.</i>	45
<i>Figura 15: Virtualización completa.</i>	46
<i>Figura 16: Paravirtualización.</i>	46
<i>Figura 17: Virtualización a nivel de sistema operativo.</i>	47
<i>Figura 18: Funcionamiento de la máquina virtual de Java.</i>	48
<i>Figura 19: Logo VirtualBox.</i>	51
<i>Figura 20: Logo OpenVZ.</i>	53
<i>Figura 21: Logo KVM.</i>	54
<i>Figura 22: Logo Xen.</i>	55
<i>Figura 23: Logo QEMU.</i>	56
<i>Figura 24: Logo Virtual PC.</i>	57
<i>Figura 25: Logo Virtual Server.</i>	58
<i>Figura 26: Logo VMware.</i>	59
<i>Figura 27: Logo Parallels.</i>	60
<i>Figura 28: Logo Proxmox.</i>	62
<i>Figura 29: Pantalla de inicio de sesión Proxmox.</i>	63
<i>Figura 30: Pantalla inicial de Proxmox.</i>	63
<i>Figura 31: Pantalla del gestor de máquinas virtuales.</i>	64
<i>Figura 32: Pantalla de configuración de almacenamiento.</i>	65
<i>Figura 33: Multipath.</i>	67
<i>Figura 34: Ejemplo LVM2.</i>	68
<i>Figura 35: Htop.</i>	73
<i>Figura 36: HeavyLoad.</i>	74
<i>Figura 37: Logo Shorewall.</i>	75
<i>Figura 38: Logo Zabbix.</i>	76
<i>Figura 39: Gráficos de Zabbix.</i>	77
<i>Figura 40: Ciclo de vida en cascada.</i>	83
<i>Figura 41: Casos de uso.</i>	86
<i>Figura 42: Casos de uso contenidos en el CU 2.</i>	89
<i>Figura 43: Casos de uso contenidos en el CU 3.</i>	102

Figura 44: Arquitectura cliente-servidor.....	131
Figura 45: Arquitectura global del sistema.....	132
Figura 46: Proxmox VE.....	136
Figura 47: Componentes principales.....	137
Figura 48: Arquitectura LVM.....	138
Figura 49: Arquitectura KVM.....	139
Figura 50: Administración de máquinas virtuales.....	140
Figura 51: Fichero de configuración de máquina virtual.....	141
Figura 52: Crear una máquina virtual.....	142
Figura 53: Modificar una máquina virtual 1.....	143
Figura 54: Modificar una máquina virtual 2.....	143
Figura 55: Modificar una máquina virtual 3.....	144
Figura 56: Configuración de almacenamiento.....	144
Figura 57: Soporte de migración de máquinas virtuales.....	145
Figura 58: Estado de máquina virtual.....	146
Figura 59: Conexión VNC.....	146
Figura 60: Máquina virtual mediante VNC.....	147
Figura 61: Instrucciones de vmclon.....	148
Figura 62: Instrucciones de vmmanagement.....	148
Figura 63: Instalación de Proxmox 1.....	150
Figura 64: Instalación de Proxmox 2.....	151
Figura 65: Instalación de Proxmox 3.....	152
Figura 66: Instalación de Proxmox 4.....	153
Figura 67: Instalación de Proxmox 5.....	154
Figura 68: Instalación de Proxmox 6.....	155
Figura 69: Instalación de Proxmox 7.....	156
Figura 70: Instalación de Proxmox 8.....	157
Figura 71: Configuración en cluster.....	159
Figura 72: Pantalla de configuración del almacenamiento local predeterminado.....	160
Figura 73: Pantalla de configuración del objetivo iSCSI.....	161
Figura 74: Pantalla de configuración del grupo de volúmenes lógicos.....	162
Figura 75: Acceso a disco.....	178
Figura 76: Uso de CPU.....	178
Figura 77: Uso de disco iSCSI y CPU con 30 máquinas virtuales.....	179
Figura 78: Diagrama de Gantt 1.....	183
Figura 79: Diagrama de Gantt 2.....	184

# Índice de tablas

---

Tabla 1: Porcentaje de teletrabajadores según tipo de trabajo. ....	10
Tabla 2: Resumen de los principales inconvenientes del teletrabajo. ....	15
Tabla 3: Resumen de las principales ventajas para los teletrabajadores. ....	17
Tabla 4: Resumen de las principales ventajas para las empresas. ....	19
Tabla 5: Resumen de las principales ventajas para la sociedad. ....	20
Tabla 6: Listado de soluciones de virtualización. ....	51
Tabla 7: Principales características de VirtualBox. ....	52
Tabla 8: Principales características de OpenVZ. ....	53
Tabla 9: Principales características de KVM. ....	54
Tabla 10: Principales características de Xen. ....	55
Tabla 11: Principales características de QEMU. ....	56
Tabla 12: Principales características de Virtual PC. ....	57
Tabla 13: Principales características de Virtual Server. ....	58
Tabla 14: Principales características de VMware. ....	59
Tabla 15: Principales características de Parallels. ....	60
Tabla 16: Definición del caso de uso CU 1. ....	87
Tabla 17: Definición del caso de uso CU 2. ....	88
Tabla 18: Definición del caso de uso CU 2.1. ....	90
Tabla 19: Definición del caso de uso CU 2.2. ....	91
Tabla 20: Definición del caso de uso CU 2.3. ....	92
Tabla 21: Definición del caso de uso CU 2.4. ....	93
Tabla 22: Definición del caso de uso CU 2.5. ....	94
Tabla 23: Definición del caso de uso CU 2.6. ....	94
Tabla 24: Definición del caso de uso CU 2.7. ....	95
Tabla 25: Definición del caso de uso CU 2.8. ....	96
Tabla 26: Definición del caso de uso CU 2.9. ....	96
Tabla 27: Definición del caso de uso CU 2.10. ....	97
Tabla 28: Definición del caso de uso CU 2.11. ....	98
Tabla 29: Definición del caso de uso CU 2.12. ....	99
Tabla 30: Definición del caso de uso CU 2.13. ....	99
Tabla 31: Definición del caso de uso CU 2.14. ....	100
Tabla 32: Definición del caso de uso CU 2.15. ....	100
Tabla 33: Definición del caso de uso CU 3. ....	101
Tabla 34: Definición del caso de uso CU 3.1. ....	103
Tabla 35: Definición del caso de uso CU 3.2. ....	103
Tabla 36: Definición del caso de uso CU 3.3. ....	104
Tabla 37: Definición del caso de uso CU 3.4. ....	104
Tabla 38: Definición del caso de uso CU 3.5. ....	105
Tabla 39: Definición del caso de uso CU 4. ....	107
Tabla 40: Definición del caso de uso CU 5. ....	109
Tabla 41: Definición del caso de uso CU 6. ....	110
Tabla 42: Definición del caso de uso CU 7. ....	111
Tabla 43: Definición del caso de uso CU 8. ....	111

<i>Tabla 44: Definición del caso de uso CU 9.</i>	112
<i>Tabla 45: Requisito del software RSF-01.</i>	112
<i>Tabla 46: Requisito del software RSF-02.</i>	113
<i>Tabla 47: Requisito del software RSF-03.</i>	113
<i>Tabla 48: Requisito del software RSF-04.</i>	113
<i>Tabla 49: Requisito del software RSF-05.</i>	114
<i>Tabla 50: Requisito del software RSF-06.</i>	114
<i>Tabla 51: Requisito del software RSF-07.</i>	115
<i>Tabla 52: Requisito del software RSF-08.</i>	115
<i>Tabla 53: Requisito del software RSF-09.</i>	115
<i>Tabla 54: Requisito del software RSF-10.</i>	116
<i>Tabla 55: Requisito del software RSF-11.</i>	116
<i>Tabla 56: Requisito del software RSF-12.</i>	116
<i>Tabla 57: Requisito del software RSF-13.</i>	117
<i>Tabla 58: Requisito del software RSF-14.</i>	117
<i>Tabla 59: Requisito del software RSF-15.</i>	117
<i>Tabla 60: Requisito del software RSF-16.</i>	117
<i>Tabla 61: Requisito del software RSF-17.</i>	118
<i>Tabla 62: Requisito del software RSF-18.</i>	118
<i>Tabla 63: Requisito del software RSF-19.</i>	118
<i>Tabla 64: Requisito del software RSF-20.</i>	118
<i>Tabla 65: Requisito del software RSF-21.</i>	119
<i>Tabla 66: Requisito del software RSF-22.</i>	119
<i>Tabla 67: Requisito del software RSF-23.</i>	119
<i>Tabla 68: Requisito del software RSF-24.</i>	120
<i>Tabla 69: Requisito del software RSF-25.</i>	120
<i>Tabla 70: Requisito del software RSF-26.</i>	120
<i>Tabla 71: Requisito del software RSF-27.</i>	120
<i>Tabla 72: Requisito del software RSF-28.</i>	121
<i>Tabla 73: Requisito del software RSF-29.</i>	121
<i>Tabla 74: Requisito del software RSF-30.</i>	121
<i>Tabla 75: Requisito del software RSF-31.</i>	121
<i>Tabla 76: Requisito del software RSF-32.</i>	122
<i>Tabla 77: Requisito del software RSF-33.</i>	122
<i>Tabla 78: Requisito del software RSF-34.</i>	123
<i>Tabla 79: Requisito del software RSF-35.</i>	123
<i>Tabla 80: Requisito del software RSF-36.</i>	123
<i>Tabla 81: Requisito del software RSF-37.</i>	123
<i>Tabla 82: Requisito del software RSF-38.</i>	124
<i>Tabla 83: Requisito del software RSF-39.</i>	124
<i>Tabla 84: Requisito del software RSF-40.</i>	124
<i>Tabla 85: Requisito del software RSF-41.</i>	125
<i>Tabla 86: Requisito del software RSNF-01.</i>	125
<i>Tabla 87: Requisito del software RSNF-02.</i>	125
<i>Tabla 88: Requisito del software RSNF-03.</i>	125
<i>Tabla 89: Requisito del software RSNF-04.</i>	126
<i>Tabla 90: Requisito del software RSNF-05.</i>	126
<i>Tabla 91: Requisito del software RSNF-06.</i>	126

<i>Tabla 92: Requisito del software RSNF-07.</i>	127
<i>Tabla 93: Requisito del software RSNF-08.</i>	127
<i>Tabla 94: Requisito del software RSNF-09.</i>	127
<i>Tabla 95: Requisito del software RSNF-10.</i>	127
<i>Tabla 96: Requisito del software RSNF-11.</i>	128
<i>Tabla 97: Requisito del software RSNF-12.</i>	128
<i>Tabla 98: Requisito del software RSNF-13.</i>	128
<i>Tabla 99: Requisito del software RSNF-14.</i>	128
<i>Tabla 100: Resumen de cobertura de requisitos.</i>	130
<i>Tabla 101: Comparativa de soluciones de virtualización.</i>	133
<i>Tabla 102: Comparativa KVM vs. Xen.</i>	134
<i>Tabla 103: Prueba de aceptación PA-01.</i>	166
<i>Tabla 104: Prueba de aceptación PA-02.</i>	167
<i>Tabla 105: Prueba de aceptación PA-03.</i>	168
<i>Tabla 106: Prueba de aceptación PA-04.</i>	169
<i>Tabla 107: Prueba de aceptación PA-05.</i>	170
<i>Tabla 108: Prueba de aceptación PA-06.</i>	170
<i>Tabla 109: Prueba de aceptación PA-07.</i>	171
<i>Tabla 110: Prueba de aceptación PA-08.</i>	171
<i>Tabla 111: Prueba de aceptación PA-09.</i>	172
<i>Tabla 112: Prueba de aceptación PA-10.</i>	172
<i>Tabla 113: Prueba de aceptación PA-11.</i>	173
<i>Tabla 114: Prueba de aceptación PA-12.</i>	173
<i>Tabla 115: Prueba de aceptación PA-13.</i>	174
<i>Tabla 116: Prueba de aceptación PA-14.</i>	174
<i>Tabla 117: Prueba de aceptación PA-15.</i>	174
<i>Tabla 118: Prueba de aceptación PA-16.</i>	175
<i>Tabla 119: Prueba de aceptación PA-17.</i>	175
<i>Tabla 120: Prueba de aceptación PA-18.</i>	176
<i>Tabla 121: Prueba de aceptación PA-19.</i>	176
<i>Tabla 122: Prueba de aceptación PA-20.</i>	176
<i>Tabla 123: Prueba de aceptación PA-21.</i>	177
<i>Tabla 124: Planificación final.</i>	182
<i>Tabla 125: Presupuesto del proyecto.</i>	186

---

## Capítulo I

# Introducción

---

En los últimos 60 años, la tecnología ha avanzado a un ritmo vertiginoso. Tareas tan comunes como mirar el correo electrónico desde casa, escribir un documento e imprimirlo, escuchar música o ver fotos y vídeos de nuestras vacaciones han pasado a formar un bloque indispensable en nuestra vida diaria. Antes de estos avances, muchas de las tareas como enviar un escrito a otra persona, organizar los álbumes de fotos o llevar las cuentas de la economía doméstica eran casi estrictamente manuales, normalmente requerían de mucho más tiempo del que empleamos hoy y los resultados eran de menor calidad. Con el paso del tiempo, todas estas tareas, tanto a nivel doméstico como a nivel profesional, se han ido simplificando gracias a los avances tecnológicos. Entre estos avances, sin duda, se debe destacar el campo de la Informática.

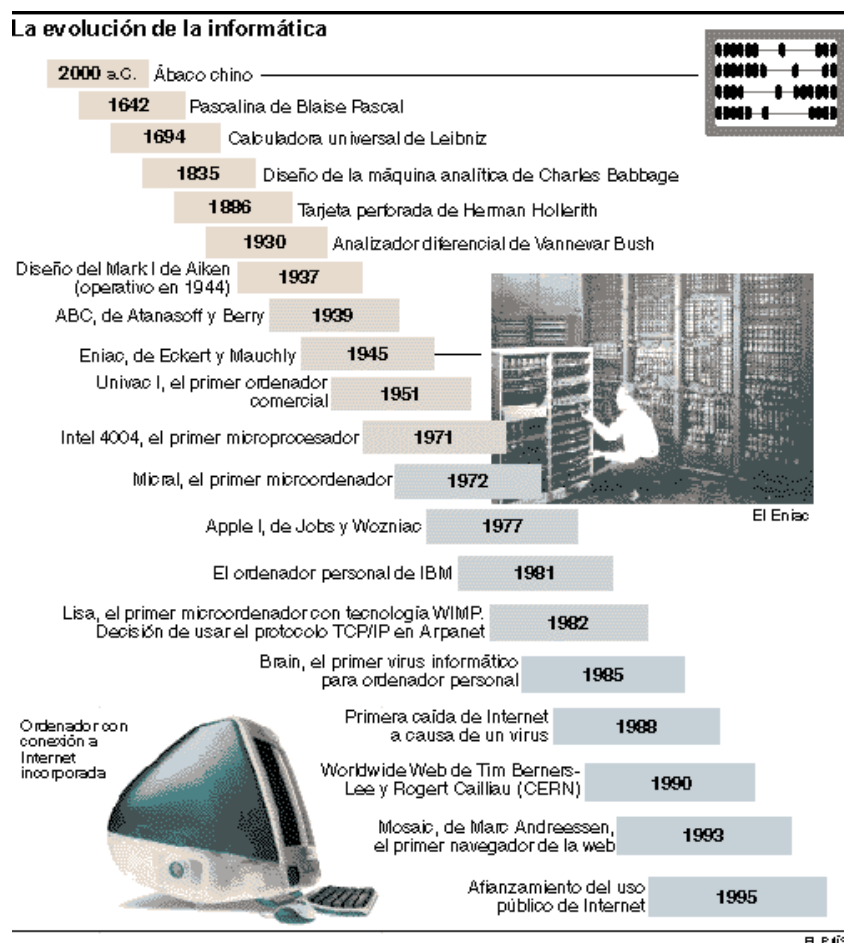
La Informática, junto con los avances tecnológicos conseguidos en campos como las Telecomunicaciones y la Electrónica, entre otras, es sin duda una de las más importantes, si no la que más. Las Telecomunicaciones nos permiten comunicar unas máquinas con otras y la Electrónica nos proporciona el hardware necesario para las máquinas. La Informática, sin embargo, nos proporciona todo lo demás.

Con los avances informáticos comenzaron a llegar los primeros ordenadores y en pocos años aparecieron los PCs con grandes expectativas, quizás demasiadas para la época. El hardware aún era limitado. Sin embargo, esto no impedía empezar a pensar en las maravillas que se podrían conseguir a medida que pasaran los años. Uno de los más claros ejemplos de esto se encontró en el cine, en concreto, en las películas futuristas de ciencia ficción, con efectos especiales bastante precarios (si los comparamos con los actuales). Ni siquiera hoy en día estamos lo suficientemente cerca de conseguir algunas de las cosas como las de aquellas películas, pero desde luego, avances se han hecho, y muchos.

Hoy en día prácticamente en cualquier casa se puede encontrar al menos un PC, ya sea de escritorio o portátil. Estos ordenadores ya vienen equipados con un hardware lo suficientemente potente para realizar cualquier tipo de tareas. Y es por eso por lo que muchas empresas también lo toman como elemento fundamental para sus trabajadores. En definitiva, el PC nos proporciona muchas herramientas que nos facilitan la vida diaria y, por ello, se ha convertido en un referente del que ya, tanto empresas y particulares, dependen.

A continuación se muestra una imagen que recopila los hitos más importantes en la evolución de la informática hasta el año 1995, donde se observa claramente que los avances han sido cada vez más próximos en el tiempo.





**Figura 1: La evolución de la informática a grandes rasgos.**

Afrontando el progreso desde otro punto de vista, las Telecomunicaciones han colaborado mucho en la manera en la que podemos comunicarnos. En concreto, Internet ha sido la mayor revolución en las telecomunicaciones vivida hasta ahora. La red de redes ha permitido que, mediante hardware adecuado, una persona pueda comunicarse con otra que se encuentre en cualquier otra parte del mundo. Con el tiempo, se ha ido mejorando la red y los servicios ofrecidos, de manera que ya no estamos limitados a comunicarnos mediante un mensaje de texto simple con una única persona, sino que ya podemos compartir todo tipo de contenidos multimedia con el grupo de personas que queramos. Ahora mismo se disponen de multitud de herramientas para poder comunicarnos, correo electrónico, blogs, chats, redes sociales, etc. Estamos en pleno boom de las redes sociales, mediante las cuales se pueden tener numerosos contactos clasificados y con los que se puede compartir desde un vídeo gracioso hasta fotos y mensajes cortos.

Además, gracias a la red 3G, que ya disponemos mundialmente y que proporciona una velocidad de transmisión bastante alta para una navegación fluida, se puede acceder a la red de redes desde dispositivos mucho más pequeños y portátiles como los teléfonos móviles y otros aparatos novedosos que están saliendo al mercado. Es decir, la necesidad de una línea telefónica para poder conectarse a Internet ha desaparecido si se dispone de los aparatos adecuados. Esto nos permite poder estar online las 24 horas del día y los 365 días del año. Y es que actualmente en Internet existen servicios de todo tipo. Se puede

hacer la compra por Internet y pedir que te la envíen a casa a cierta hora, se puede comprar ropa y todo tipo de aparatos electrónicos, se pueden leer noticias y hasta, en muchas ocasiones, se puede disfrutar de la emisión de la televisión online. En definitiva, Internet nos proporciona una nueva forma de vida llena de muchas comodidades y ventajas.

Los avances y capacidades anteriormente mencionadas han requerido de numerosos estudios e investigaciones durante todas las décadas anteriores. Nuestra vida cotidiana es, como se dijo anteriormente, mucho más cómoda y confortable que hace varias décadas. Sin embargo, el progreso no descansa. Y es que siempre hay algo que mejorar y tecnologías por descubrir.

La realización de este proyecto se ha hecho posible únicamente gracias a los avances expuestos en párrafos anteriores. Y con él, se pretende aportar un granito más de arena en favor del progreso y de la informática.

## 1.1. Motivación

En su afán por hacernos la vida mucho más sencilla, la tecnología ha ido evolucionando, permitiéndonos realizar ciertas tareas de manera mucho más simple y cómoda. Además de las ya comentadas ventajas de comodidad y simplicidad, es necesario incluir el ahorro de recursos y la eficiencia de dichas tareas.

Y es que el teletrabajo abre un amplio abanico de posibilidades a explotar a la hora de establecer una modalidad de trabajo en las empresas.

Tanto para hombres como mujeres, el escollo de los hijos supone un verdadero problema a la hora de desempeñar su trabajo o a la hora de desarrollar una progresión académica y profesional. El teletrabajo permite la opción de compaginar el ambiente laboral con el ambiente familiar. Aunque no siempre es fácil mezclar trabajo con familia, puesto que un mismo ambiente para desarrollar todas las tareas puede llevar a no rendir en el trabajo o, por el contrario, a desatender la actividad doméstica. Es necesario que el teletrabajador sea disciplinado y organizado.

Para profesores de la universidad que pasan temporadas como visitantes en universidades en el extranjero, el teletrabajo les proporciona tener acceso a todas sus herramientas habituales como si estuvieran sentados en su puesto de trabajo personal físico. El teletrabajo permite, en general, utilizar los recursos independientemente del lugar en el que se encuentre el teletrabajador.

Para personas discapacitadas, naturalmente, el teletrabajo supone una gran ampliación de fronteras que personas con movilidad reducida pueden aprovechar. La posibilidad de trabajar desde el propio domicilio, evitando el problema del desplazamiento al lugar de trabajo, lo es todo para estas personas.

Sin duda, el teletrabajo supone una oportunidad que las empresas brindan a los trabajadores para que puedan organizarse el tiempo a su gusto. Que puedan planificar de manera conjunta la actividad doméstica con la actividad profesional sin tener que ajustarse a los horarios impuestos por las empresas. Obviamente, trabajar a distancia supone un menor control de los superiores y, por ello, permite trabajar en un ambiente mucho más relajado y tranquilo. Todo ello contribuye a que el desarrollo del trabajo sea

más satisfactorio y de mejor calidad que si el desarrollo se hiciera de manera estresante y rígida. Todas estas ventajas pueden no ser así, e incluso, pueden ser desventajas para algunas personas. En el apartado 2.1 *Teletrabajo*, se analizarán estas y otras ventajas e inconvenientes sobre el teletrabajo.

En cuanto a la motivación del uso de software libre, a medida que se va desarrollando nuevo software libre, éste va ganando enteros como elección principal a la hora de escoger entre una alternativa privativa o libre. El software privativo sigue teniendo la ventaja de disponer de más soporte pero el inconveniente de ser más caro y menos flexible. El debate está abierto y en cada software desarrollado suele existir una alternativa en el mundo del software libre. En el apartado 2.2 *Software Libre* se explicará el significado del software libre y las ventajas e inconvenientes de su uso.

Finalmente, respecto a la virtualización, instalar y configurar una máquina física para un trabajador requiere de un esfuerzo económico en equipamiento y en personal que lo configure y mantenga. Además, el coste de reutilización del puesto es elevado, ya que es necesario eliminar todos los datos del anterior trabajador y “limpiar” el sistema para el perfecto rendimiento de éste para el siguiente trabajador. Sin embargo, utilizar máquinas virtuales reduce en gran medida todos estos costes y simplifica los procesos de gestión y mantenimiento de los equipos. Además, la gestión de conjuntos de máquinas virtuales es mucho más inmediata y sencilla que gestionar un conjunto de equipos físicos. Para montar las máquinas virtuales, la tecnología de virtualización juega un papel muy importante, ya que de ella depende el rendimiento de dichas máquinas virtuales. En el apartado 2.3 *Virtualización* se explicará más en detalle en qué consiste la virtualización y los tipos que existen.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de la plataforma informática y herramientas que proporcionen soporte al servicio de teletrabajo para trabajadores de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). De este modo, se les permite disponer de una máquina virtual personal a la que poder acceder desde sus domicilios y donde llevar a cabo su trabajo diario. A través de este servicio, la Universidad Carlos III tiene como objetivo mejorar la experiencia de los trabajadores, ofreciéndoles la oportunidad de trabajar desde sus domicilios contando con todas las herramientas que tendrían en su puesto de trabajo en la Universidad.

Se dispondrá de una plataforma de virtualización donde se montarán todas y cada una de las máquinas virtuales necesarias. Dichas máquinas tendrán todo el software necesario que cada trabajador necesite. El Centro de Atención a Usuarios (CAU) de la UC3M se encargará de las instalaciones y configuraciones pertinentes del software específico que necesiten los teletrabajadores.

En cuanto al mantenimiento de la plataforma en sí, y de las máquinas virtuales en concreto, la Oficina de Software Libre de la UC3M (OSL) se encargará de todas las acciones que se deban llevar a cabo para asegurar la calidad y el correcto funcionamiento del servicio de teletrabajo.

Con esta experiencia se pretende conseguir que los trabajadores dispongan de un entorno de trabajo personalizado y adecuado a sus necesidades, disponible en todo momento y desde cualquier lugar con acceso a Internet.

Debido a estas necesidades, la infraestructura debe ser capaz de albergar suficientes máquinas virtuales, de manera que éstas ofrezcan un buen rendimiento para que el trabajo se realice satisfactoriamente. La plataforma de virtualización, a su vez, debe disponer de las herramientas básicas de manejo de las máquinas virtuales que permita su adecuada gestión en cada momento como por ejemplo, encender, apagar, crear, eliminar o modificar la configuración de una máquina virtual.

Puesto que se trata de una experiencia piloto y se dispone de recursos limitados para un cierto número de trabajadores, en la UC3M se ha apostado por un período de seis meses para un grupo de trabajadores y, pasado ese tiempo, hacer una nueva selección para que poco a poco todos los trabajadores puedan tener la experiencia y oportunidad de disfrutar de este servicio. Por este motivo, la plataforma estará preparada ante estos cambios en la selección de trabajadores para el servicio, de manera que se establecerá un proceso de actuación para llevar a cabo en el proceso de rotación de usuarios.

Además y como ampliación del proyecto, se pondrá a disposición de los trabajadores un servicio de copia de respaldo (*backup*) de sus máquinas virtuales, incluyendo sus datos de trabajo. De esta manera se previene la pérdida de sus datos en caso de producirse alguna incidencia. Como complemento al servicio de copia de respaldo, se establecerán otras medidas de seguridad dirigidas a evitar posibles ataques al servidor o a las máquinas virtuales. También se pondrá en funcionamiento una plataforma de control que monitorice los recursos y servicios, tanto del servidor como de cada una de las máquinas virtuales, con el fin de detectar y alertar ante cualquier incidencia con el menor tiempo de respuesta posible.

Estas últimas ampliaciones descritas podrán consultarse en el proyecto de fin de carrera (González Piedra, 2011) que ofrece la continuación del presente proyecto cubriendo aspectos de seguridad complementarios al mismo.

## **1.3. Estructura del proyecto**

En el capítulo actual (*Capítulo I Introducción*) se ha introducido la temática del proyecto además de explicar las motivaciones y los objetivos a conseguir en éste.

En el *Capítulo II Estado de la cuestión* se expondrá la situación que existe actualmente en relación con este proyecto. En concreto, se realizará una investigación en el campo del teletrabajo, en el mundo del Software Libre y en materia de virtualización de sistemas.

En el *Capítulo III Herramientas para la elaboración del proyecto* se realizará una recopilación de las herramientas utilizadas en la elaboración del proyecto. Entre ellas, se hablará de las herramientas incluidas en la infraestructura del servidor, en el entorno de trabajo utilizado y en la infraestructura de los clientes.

En el *Capítulo IV Desarrollo del proyecto* es donde se sintetizará el trabajo realizado en el proyecto. Se recoge el proceso realizado para el desarrollo de la plataforma de virtualización, así como el proceso de pruebas que se ha llevado a cabo para asegurar el correcto funcionamiento de la plataforma, una planificación y un presupuesto final.

En el *Capítulo V Conclusiones* se abordarán las conclusiones resultantes del desarrollo de este proyecto.

En el *Capítulo VI Líneas futuras* se presentarán las líneas futuras que se pueden desarrollar como fase de mejora y ampliación del proyecto actual.

En el *Capítulo VII Referencias* se encontrarán las diferentes referencias bibliográficas utilizadas como recursos para el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, en el *Capítulo VIII Anexos*, se adjuntarán los anexos interesantes para este proyecto. En concreto, se incluirán los scripts de clonación (*8.1 Anexo I: Script de clonación de máquinas virtuales*), de gestión (*8.2 Anexo II: Script de gestión de máquinas virtuales*) y de limpieza de dispositivos lógicos de máquinas virtuales (*8.3 Anexo III: Script de limpieza de dispositivos LVM2*), utilizados como herramientas complementarias a la plataforma.

# Estado de la cuestión

---

Tal y como se ha comentado en el apartado de introducción, el objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de una plataforma de virtualización que sirva como infraestructura de teletrabajo para trabajadores de la UC3M. Esta plataforma será desarrollada con Software Libre (SL).

Por ello, en este capítulo se verá qué es el teletrabajo y qué ventajas e inconvenientes puede acarrear su utilización. Además se analizarán qué soluciones existen para teletrabajar.

A continuación se explicará qué es el SL y qué ventajas e inconvenientes se derivan de su uso, además de unas reflexiones acerca de las implicaciones de la utilización de software propietario respecto a las del software libre.

Por último, se realizará un estudio sobre la virtualización, qué tipos de máquinas virtuales y qué técnicas de virtualización existen y cómo funcionan, los retos que plantea la utilización de sistemas virtualizados y las ventajas que su uso proporciona. Se realizará también una comparativa de las plataformas privativas y de software libre que hay en el mercado actualmente, para determinar las razones por las que se ha escogido una plataforma de software libre para realizar este proyecto.

## 2.1. Teletrabajo

El origen del teletrabajo se puede situar en el año 1970, cuando la empresa Hewlett Packard se dio cuenta de que sus trabajadores perdían al menos cuatro horas diarias en desplazamientos desde sus hogares, lo que les llevaba a tener un cansancio extra que se traducía en una menor productividad. La solución fue implantar teletrabajo, de manera que estos empleados estuvieran un mínimo de horas conectados trabajando sobre ficheros en el propio servidor (Cimarra, 2005).

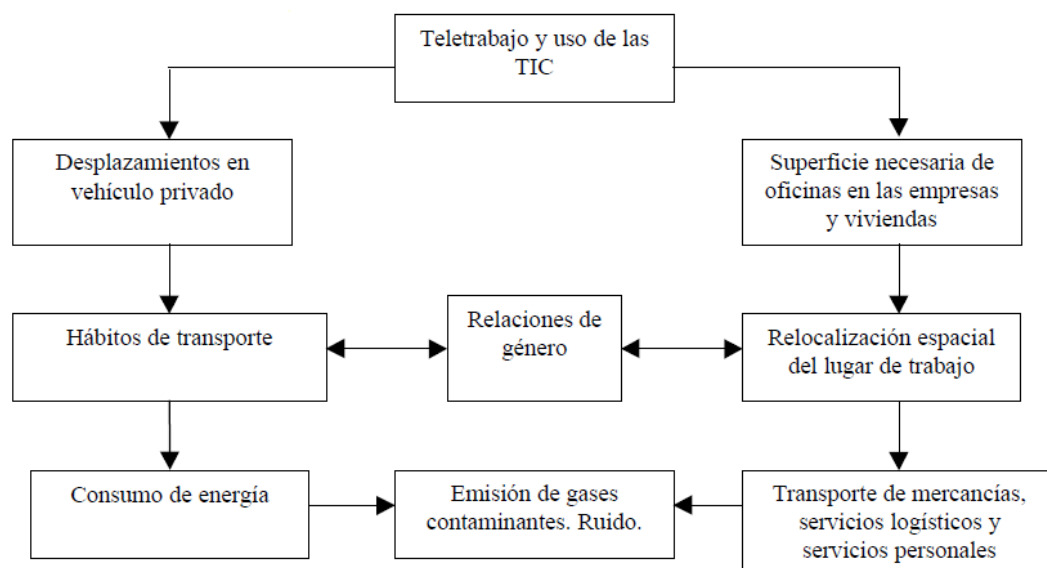
En general, en los años 70 fue cuando la idea de teletrabajo empezó a formularse como algo necesario que suponía una solución a diferentes problemas de las organizaciones y en la sociedad. Y es que con la llegada del teletrabajo las empresas podían reducir costes inmobiliarios y conseguir una conciliación de la vida laboral y familiar de sus trabajadores (Madsen, 2003), salud laboral (Montreuil y Lippel, 2003), una

oportunidad de empleo para discapacitados (Viorreta, 2001) y, a nivel global, una disminución del tráfico con el consiguiente beneficio para el medio ambiente (Novaco; Kliewer y Broquet, 1991; Handy y Mokhtarian, 1996).

Aunque al principio se preveía una difusión masiva del teletrabajo, esto no fue así debido a que los gerentes de las organizaciones no veían necesario el cambio y consideraban de gran complejidad la coordinación de los teletrabajadores (Huws; Korte y Robinson, 1990; Bailey y Kurland, 2002). Sin embargo, el punto de vista de los empleados y de las políticas nacionales era diferente.

El teletrabajo suponía para los empleados un ahorro económico y en tiempo de desplazamiento que, claramente les hacía adoptar el teletrabajo, mientras que las ventajas de ahorro energético junto con los beneficios medioambientales hicieron que los políticos promovieran el uso de teletrabajo.

Pero el ahorro energético tiene un “efecto rebote”, puesto que este ahorro para las empresas es cubierto por un aumento en el gasto energético de los hogares de los teletrabajadores (De Luis *et al.*, 2006).



**Figura 2: Impacto medioambiental del teletrabajo.**

Todos estos factores hacen que la decisión de adoptar el teletrabajo no sea una decisión unilateral del trabajador, si no que la situación familiar en la que se encuentre jugará un papel determinante. Y es por ello por lo que algunos estudios indicaban una tasa de abandono del 50% del teletrabajo durante los primeros nueve meses (Varma *et al.*, 1998).

Aunque los inicios del teletrabajo se remontan a, como se dijo anteriormente, la década de los 70, no es hasta hace unos años que empieza a alcanzar su auge, gracias a la expansión y al avance tecnológico.

Hablando de Europa a día de hoy, en países escandinavos el teletrabajo forma parte de la vida laboral básica, siendo éste un derecho plenamente integrado en la sociedad. En otros países como Reino Unido o Países Bajos, donde el precio de la propiedad

inmobiliaria y la masificación resulta un verdadero problema, el teletrabajo resulta un enfoque muy atractivo. Y en el sur de Europa el teletrabajo sigue sin integrarse por completo en la sociedad, aunque países como España e Italia están incorporando día a día nuevos trabajadores en esta modalidad.

Y es que aún hay mucho desconocimiento acerca de las ventajas y también de las desventajas que proporciona el teletrabajo por parte de empresas y trabajadores. Esto unido a que el gobierno no lo fomenta lo suficiente, hace que aún queden muchos pasos por dar para conseguir que el teletrabajo sea una modalidad de trabajo habitual (Cimarra, 2005).

En el reportaje del periódico EL PAÍS publicado en enero de 2011 (Seco, 2011), se pone de manifiesto que actualmente únicamente un 8% de los empleados españoles son trabajadores a distancias, cifra que contrasta con el 15% de Estados Unidos o el 17% de países nórdicos como Finlandia.

La razón por la que en España aún no triunfa el teletrabajo es que aún no se ha evolucionado a 'la economía del conocimiento'. España necesita un cambio en la mentalidad de la sociedad y también un cambio en su modelo económico.

En países como Suecia donde hay directivos, que a las tres o cuatro de la tarde, han terminado su trabajo y se van a casa, la gente piensa: 'qué bien hace su trabajo que puede marcharse antes'. Pensamiento totalmente inconcebible en la cultura española en la que se pensaría que dicha persona 'no está comprometida' con la empresa. Esto es porque la mentalidad nórdica está orientada a resultados, de manera que al trabajador se le especifica claramente cuáles son los objetivos a cumplir y cuál es la recompensa que recibirá si los alcanza.

A continuación se analizarán los detalles por los que el teletrabajo puede resultar tan útil e incluso necesario en muchos casos, además de las desventajas que puede ocasionar.

### **2.1.1. Motivaciones del teletrabajo**

Dependiendo de cada zona, las motivaciones para utilizar el teletrabajo pueden variar. En principio las dos principales motivaciones fueron facilitar el acceso a un empleo a los discapacitados, así como a los empleados que residían en zonas rurales (Cimarra, 2005).

En general, aún se tiene la falsa opinión de que el teletrabajo es un tipo de trabajo diferente a los existentes y que únicamente puede ser desarrollado por unos profesionales en concreto. Sin embargo, en el estudio empírico realizado en la tesis de (Blanco Romero, 2005) se determina que existe una gran diversidad de profesionales que pueden desarrollar su trabajo a distancia. En la siguiente tabla se recogen los resultados del estudio nombrado anteriormente donde se puede observar que los empleos que más porcentaje de teletrabajadores poseía eran, principalmente, traducción, telesecretariado, redacción y tratamiento de textos, concepción de programas informáticos, creación de páginas webs o diseño gráfico, además de otros.



PORCENTAJE DE TELETRABAJADORES SEGÚN TIPO DE TRABAJO	
Tipo de tarea	% de teletrabajadores
Traducción	33,3%
Telesecretariado (Contabilidad, gestión/administración)	22,6%
Redacción y tratamiento de texto	17,3%
Concepción de programas informáticos y páginas Web	8,0%
Diseño asistido por ordenador, infografía	6,6%
Gestión de proyectos	6,6%
Música	2,6%
Fotografía	2,6%

**Tabla 1: Porcentaje de teletrabajadores según tipo de trabajo.**

Por tanto, la decisión de teletrabajar puede ser tomada por una amplia variedad de profesionales que, impulsados por ciertas motivaciones importantes para ellos, deciden que les va a suponer una mejora en diferentes aspectos de su vida cotidiana.

En este estudio también se contemplan unos rasgos característicos en todas las personas entrevistadas sobre las motivaciones que les llevaron a desempeñar su trabajo de manera no presencial. A continuación se exponen los factores más determinantes.

Existen cinco grupos de factores: beneficios personales, salud, familia, incapacidad y relocalización (Mokhtarian y Salomon, 1997).

De entre todos los factores que motivan el teletrabajo, el de beneficios personales junto con el familiar son los más recurrentes entre los teletrabajadores. Es obvio pensar que un empleado que puede desempeñar su trabajo desde su propio hogar, tendrá cierta libertad para poder organizarse las tareas domésticas y profesionales de la mejor manera que pueda.

Gracias a esta flexibilidad de horarios y a evitar el tener que desplazarse al lugar de trabajo, con la consiguiente pérdida de tiempo, permite a los trabajadores prestar más atención a sus hijos y estar más disponibles a sus necesidades. Especialmente cuando los niños son pequeños, el teletrabajo supone una bombona de oxígeno para los padres, ya que es el período de tiempo en el que los niños requieren de más atención y de manera menos predecible.

La motivación debido al factor salud se deriva de los beneficios de no tener que desplazarse al lugar de trabajo, de manera que se evita la exposición a agentes externos como la contaminación o las inclemencias del tiempo. Igualmente, la ventaja de llevar un ritmo de vida más pausado, sin los desplazamientos diarios, hace que se mejore la dieta y que se pueda disponer de más tiempo para realizar ejercicio, hábitos que, de ser adoptados, consiguen que la salud de los teletrabajadores mejore (Cimarra, 2005). Además, el hecho de que el estrés que se genera en un puesto de trabajo habitual se vea disminuido al trabajar desde casa, hace que el trabajador gane en calidad de vida.

Para las personas discapacitadas, más que una motivación, el teletrabajo se convierte muchas veces en una necesidad, sin la cual no podrían desempeñar su actividad profesional. Para personas que ya les resulta difícil moverse por su propia casa y que muchas veces necesitan de ayuda para ello, la posibilidad de trabajar sin tener que desplazarse les da la vida. Por ello, el teletrabajo supone un método más de integración para personas que no lo tienen tan fácil.

Esta perspectiva de facilidades para los propios teletrabajadores contrasta con las motivaciones que pueden tener las empresas para incorporar esta modalidad de trabajo, que siempre tienden a valorar las distintas opciones en base a beneficios.

Por una parte, conseguir una mayor productividad, basándose en el hecho de que los empleados que trabajan de manera independiente y sin tanto control por parte de los jefes ni estrés por estar en un ambiente recargado con, generalmente, mucha gente alrededor, suelen ser mucho más productivos.

Y por otra parte, el considerable ahorro de energía y, por consiguiente, económico. Una empresa que ofrece teletrabajo a sus empleados, requiere de menos gastos inmobiliarios y puede disponer de oficinas más reducidas.

Un buen resumen de las motivaciones para adoptar el teletrabajo sería el citado en el artículo de (Cimarra, 2005):

- Disminución del tráfico y, en consecuencia, de la polución.
- Ahorro de tiempo en desplazamientos, lo cual supone una mejora de la calidad de vida.
- Reducción de costes para el empleado, que puede comer en su casa y ahorrarse el dinero de los transportes.
- Reducción de costes en infraestructuras para el empresario. Éste se ahorra los gastos que comporta tener un ordenador encendido durante 8 horas, el mantenimiento del local, la luz, el agua, etc.
- Fomento de las nuevas tecnologías y aumento de la competitividad.
- Flexibilidad para compaginar el trabajo con otras actividades (tareas del hogar, educación de los hijos, etc.)
- Posibilidad de ser el propio gestor del trabajo.

Estas motivaciones, como puede intuirse, son además ventajas del teletrabajo como se explicará en sucesivos puntos.

Todas estas motivaciones hacen posible que el teletrabajo tenga cabida en el mundo laboral actual. Y viendo como está funcionando en otros países como Estados Unidos y los países escandinavos, su uso debería ir incrementándose con el paso del tiempo debido a las grandes ventajas que posibilita.

## 2.1.2. Dificultades que plantea

En apartados anteriores se ha hablado de las grandes motivaciones del teletrabajo. Sin embargo, esta modalidad de trabajo también tiene sus desventajas y problemas.

Según el artículo de (Seco, 2011), los inconvenientes se focalizan, especialmente, en la pérdida de contacto con las personas, compañeros de trabajo, jefes, etc. Esto puede llevar a un aislamiento de los empleados que puede llegar a perjudicarles tanto en lo que a salud se refiere como profesionalmente.

El aislamiento psicológico que supone no relacionarse con compañeros, no tomar café, quedar con ellos, etc. Es necesario aprender a relacionarse de otra forma, virtualmente, y con otro tipo de gente. Por ello no todo el mundo está capacitado para teletrabajar, es necesario tener ciertas habilidades de autocontrol y organización para crear rutinas en el día a día y establecer unos horarios que permitan desarrollar actividades variadas durante toda la jornada.

En lo profesional, por ejemplo, los superiores no tendrán tan en cuenta a los teletrabajadores a la hora de conceder un aumento porque al no verlos, no los tienen presentes, lo que los estadounidenses llaman *out of side*, *out of mind* (fuera de la vista, fuera de la mente). Además, puede ocurrir que se genere una desconfianza hacia el trabajo desarrollado por estas personas, porque en España se tiene la mentalidad de que “si no ves lo que está haciendo, no confías”.

Relacionado también con la no presencia de la oficina de trabajo, puede haber compañeros que tengan la sensación de que sus compañeros no trabajan por el hecho de no verles sentados junto a ellos. Incluso puede generar envidias y problemas dependiendo de los sueldos de cada uno “por qué una persona que no viene a la oficina va a cobrar más que yo que vengo todos los días”.

Sin embargo, hablando en otro sentido, trabajar en casa puede llevar a un “excesivo contacto personal” (discusiones de pareja, niños corriendo, etc.), que también influya de manera muy negativa en el trabajo desarrollado. En especial si el teletrabajador no dispone de un sitio propio para desempeñar su trabajo y debe compartir espacios comunes como el salón. Pero es obvio que no todo el mundo tiene la posibilidad de adaptarse un lugar de trabajo en casa y es por ello que cada persona deberá buscar la fórmula que mejor se adapte a su situación.

Otro inconveniente, que en cierto sentido puede parecer una ventaja, sería que las personas que teletrabajan tienen cierta tendencia a sobrecargarse de trabajo. En general, cuando un trabajador se siente cómodo y a gusto, tiende a esforzarse más en su trabajo y a perder incluso la noción del tiempo, de manera que, al estar en su casa y no tener que “emprender el camino a casa”, el trabajador puede llegar a realizar muchas horas en exceso. Este exceso de trabajo puede suponer el descuido de otro tipo de tareas como las tareas domésticas, el ocio o contacto con la familia y, de este modo llegar a acumular estrés.

En contraposición, a algunos teletrabajadores podría sucederles el caso contrario y es que se vieran tan libres en el desarrollo de su trabajo, que no logran

mantener una rutina de trabajo y llegaran a descuidar sus tareas profesionales en demasía.

En términos económicos, las empresas no siempre podrán afrontar el coste de recursos para mantener un entorno de teletrabajo: intranet, ordenador portátil, teléfono móvil, etc. Todo ello dependiendo de la estrategia de teletrabajo que se quiera afrontar como se verá en el apartado 2.1.6 *Modalidades de teletrabajo*.

En la tesis de (Blanco Romero, 2005), además de los inconvenientes anteriormente comentados se contemplan algunos más que se exponen a continuación.

La formación que se lleva a cabo con los nuevos integrantes de la empresa, muchas veces se realiza de manera informal. En el ámbito del teletrabajo esto desaparece por completo. Se plantea, en algunos casos, otros medios de comunicación como “chats”, foros de debate, etc., métodos pertenecientes a la enseñanza a distancia (Henri, 1992a, 1992b), que pueden no tener la misma eficacia. Hablando de formación, los empresarios que están a cargo de los teletrabajadores también deberían recibir una formación específica para que aprendan a gestionar a estos empleados a distancia, aunque esto no siempre se hace y es una de las razones por las que se corta la progresión del teletrabajo.

A nivel social, el problema que se discute es mucho más global e importante y se centra en el aumento de contratación de teletrabajadores autónomos por parte de las empresas. Esta subcontratación de servicios amenaza seriamente la continuidad de las condiciones de trabajo cuando existe una relación contractual.

Este fenómeno no puede darse en los teletrabajadores que forman parte de una plantilla y que únicamente han sido relocalizados para desempeñar su trabajo a distancia, sino que se da en empresas en las que se ha transformado la manera en la que gestionan sus servicios, recurriendo cada vez más a la contratación de teletrabajadores autónomos que no tengan un vínculo directo con la empresa.

Esta precarización es un elemento que surge rápidamente, ya que muchos teletrabajadores son autónomos y disponen de unas condiciones de salario y de trabajo inferiores a las personas que disfrutaban de un trabajo asalariado, a pesar de ocupar categorías y realizar trabajos totalmente comparables. Esto contrasta enormemente con los salarios que hace años disfrutaban los autónomos de profesiones liberales como dentistas, abogados, médicos, arquitectos, etc.

De esta forma, algunos investigadores indican que el teletrabajo no sería más que el reflejo de lo que ocurre en el mercado laboral. La segmentación entre la mayoría de los empleos estables, bien remunerados y los empleos menos habituales, muchas veces precarios y poco remunerados (CEFRIO, 2001), que pueden llevar a la explotación del colectivo de mano de obra menos cualificada.

En el ámbito de las personas discapacitadas, algunos autores señalan que el teletrabajo resulta un paso hacia atrás en la integración de dichas personas. De esta forma, el largo camino recorrido por distintos colectivos para que se cumplan unas condiciones de accesibilidad y adaptación concretas en las empresas habrá sido inútil si ahora se les vuelve a recluir en sus casas para desempeñar su trabajo.

En el caso de las mujeres, presentadas como principales beneficiarias del teletrabajo, que les posibilita una conciliación doméstico-familiar y un mantenimiento de la carrera profesional, ocurre el mismo caso que con las personas discapacitadas. Incluso puede resultar un problema mayor si la opción de teletrabajo no se presenta como voluntaria, pudiendo llevar a la mujer a un nuevo aislamiento social que la prive de un ambiente profesional, principalmente en aquellos grupos de mano de obra menos cualificada.

La implantación del teletrabajo con el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), ha puesto a prueba los medios técnicos existentes y se ha visto que existe la necesidad de crear soluciones, tanto técnicas como imaginativas a problemas importantes como la confidencialidad de la información, la propiedad intelectual de una empresa, etc.

Y, por último, la tesis realiza un estudio de campo en el que surgen numerosas dudas entre los teletrabajadores. Formalizando esas dudas podría incrementarse la lista de inconvenientes que tiene el teletrabajo. A continuación se citan las preguntas mencionadas anteriormente:

“Así en el caso de los teletrabajadores por cuenta ajena: *¿Quién pone los medios (trabajador o empresario?; Para las empresas, teletrabajadores y sindicatos: ¿Cómo deben tratarse los accidentes laborales? (¿cómo separar trabajo y vida privada si se está en casa?); ¿Cómo evitar la explotación de menores (a través de la red no se sabe qué edad se tiene, ni quién está trabajando, en qué condiciones, con qué formación)?; Para los casos de asociaciones de profesionales teletrabajando: ¿Cómo coordinar el trabajo entre los distintos socios?, ¿Debe haber algún tipo de cuota?, ¿Cómo traspasar el trabajo, o parte, a otro socio? (mediante contrato, acuerdo), ¿Cómo evitar la competencia entre socios?*”.

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES INCONVENIENTES DEL TELETRABAJO
Pérdida de contacto personal y aislamiento.
Pérdida de estatus profesional y dificultades de promoción.
Desconfianza en el trabajo desarrollado.
Sensación de falta de compromiso.
Existencia de más distracciones que en la oficina.
Mayor autoexplotación y aparición de estrés.
Posible desatención de la actividad laboral.
Mayor coste de infraestructuras para las empresas.
Formación menos eficaz para empleados.
Inexistencia de formación para dirigentes.
Precarización de las condiciones de de teletrabajadores autónomos.
Paso atrás en la integración de discapacitados.
Nuevo aislamiento social de la mujer.

**RESUMEN DE LOS PRINCIPALES INCONVENIENTES DEL TELETRABAJO**

Problema confidencialidad de la información.

**Tabla 2: Resumen de los principales inconvenientes del teletrabajo.**

Como ha podido verse, los inconvenientes del teletrabajo son numerosos y, algunos de ellos, muy delicados. A continuación se verán las ventajas separadas para cada uno de los colectivos implicados para obtener la visión positiva del teletrabajo y tener ocasión de comparar.

### **2.1.3. Ventajas para los teletrabajadores**

En este apartado se analizarán las razones por las que el teletrabajo se encuentra en auge en nuestros días y tiene unas perspectivas muy buenas de difusión en el futuro. Especialmente, las razones que llevan a los trabajadores a escoger esta modalidad de trabajo cuando la empresa la ofrece.

Las principales y más comentadas ventajas que se mencionan en cualquier trabajo, como en (Blanco Romero, 2005; Cimarra, 2005; De Luis *et al.*, 2006; Seco, 2011), son la posibilidad de conciliación de la vida personal con la vida profesional y el considerable ahorro, tanto en tiempo como en dinero, en desplazamientos.

En el primer caso, especialmente cuando se tienen niños, pero no sólo en este caso, poder trabajar desde el hogar ofrece muchas facilidades a la hora de que los trabajadores se organicen su tiempo. Poder intercalar tareas doméstico-familiares o de ocio con las tareas del trabajo puede resultar incluso un lujo para muchos. En el caso en el que se tienen niños, más que un lujo resulta un alivio y una oportunidad importante para poderles dedicar el tiempo que necesitan, sin penalizar las tareas profesionales.

Además, al tener la posibilidad de organizar el tiempo de trabajo según su situación personal o el estado de ánimo resulta un incentivo para el compromiso y el autocontrol. Disponer de distintos momentos del día para hacer lo más adecuado, lleva a una mayor productividad en cada una de las tareas realizadas por los teletrabajadores, además del sentimiento de orgullo y satisfacción personal que se derivan de los resultados obtenidos.

En el segundo factor importante, para un trabajador medio que vive en la periferia de una gran ciudad, el tiempo perdido en desplazamiento suele rondar las dos o tres horas diarias. Teniendo en cuenta una jornada laboral de ocho horas, más una hora para la comida, suman un total de once o doce horas fuera de casa. Para estas personas, ahorrarse el tiempo de desplazamiento diario, además de poder organizarse su jornada laboral repartida supone un beneficio muy importante.

Hablando en términos económicos, no es sólo el dinero que pueden ahorrarse los teletrabajadores en transporte, si no el dinero que muchos deben desembolsar a la hora de la comida porque la empresa no tenga habilitados comedores que permitan a los empleados llevarse la comida de casa.

Estas dos principales ventajas, además, derivan en otras ventajas muy importantes también.

Conseguir la coordinación de los distintos tiempos de vida y satisfacer los objetivos establecidos supone un descenso del nivel de estrés. Asimismo, evitarse los períodos de desplazamiento diarios hace que los trabajadores ganen en calidad de vida y también tengan menos estrés. Igualmente, se produce una disminución del estrés al trabajar en casa y no tener un constante control y presión por parte de los jefes (Blanco Romero, 2005; Cimarra, 2005; De Luis *et al.*, 2006; Seco, 2011).

A pesar de que, para algunas personas, trabajar en una oficina, con un ambiente de trabajo, puede resultar mucho más productivo, la realidad es que también puede ser al contrario. En la oficina suele haber mucha gente de un lado para otro, siempre hay distracciones e interrupciones en el trabajo de cada uno. Hasta incluso pueden generarse conflictos entre compañeros por cosas sin importancia pero que, a la larga, generan un ambiente poco propicio para el rendimiento. Con el teletrabajo todos estos problemas se ven reducidos a cero, hasta el punto de que los propios teletrabajadores tienden a realizar horas extras porque se encuentran muy cómodos trabajando. Es más, sin una buena planificación y un buen autocontrol, como se vio en el apartado anterior, el teletrabajo puede incurrir en el apartado negativo y producirse una autoexplotación (De Luis *et al.*, 2006; Seco, 2011).

Otro beneficio que ofrece el teletrabajo es el de la independencia de la residencia. Puede parecer un aspecto sin importancia pero, para personas que viven alejadas de las grandes ciudades, encontrar un empleo en el que proporcionen teletrabajo es de vital importancia, ya que, de no hacerlo de esta manera, probablemente tendrían que plantearse el cambiar de residencia como ocurre en los grandes éxodos rurales (Seco, 2011).

Como última pero no menos importante ventaja del teletrabajo estaría la de las oportunidades que ofrece a discapacitados. Actualmente, se ha avanzado considerablemente en la adaptación de los puestos de trabajo para personas que sufren de alguna discapacidad: ascensores, cuartos de baño adaptados, vehículos especiales, aceras, rampas, etc. Además, poco a poco, la integración de estas personas en el mundo laboral cada vez es más frecuente. Sin embargo, a pesar de ello, es una realidad que dichas personas no lo tienen tan fácil como los demás para acceder a un puesto de trabajo debido a sus limitaciones, y cuando lo hacen, el desplazamiento hasta el mismo siempre puede suponer un problema. En este campo, el teletrabajo ayuda a estas personas en esa integración laboral, al evitarles los, siempre duros, desplazamientos al puesto de trabajo. Y más aún, les abre posibilidades de nuevos empleos o una contratación más accesible, ya que los empresarios, a la hora de contratar a una persona discapacitada, en condiciones habituales, suelen pensárselo varias veces porque estiman que dicha contratación conllevará problemas y costes extras. Sin embargo, gracias al teletrabajo, dichos costes extras serán nulos.

Otros beneficios específicos para personas discapacitadas que teletrabajan son todos los beneficios que se comentaron anteriormente en general pero, magnificados. Porque una persona que sufra de alguna discapacidad siempre estará mucho más cómoda en su propio hogar y, por tanto, su rendimiento será mayor que si tiene que adaptarse a un nuevo entorno, ya que su adaptación es algo más

complicada que la del resto de personas sin discapacidad (De Luis *et al.*, 2006; Salazar C., 2007).

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES VENTAJAS PARA LOS TELETRABAJADORES
Conciliación de la vida personal con la vida profesional.
Mayor disponibilidad de tiempo.
Aumento de la productividad.
Mayor satisfacción personal.
Ahorro de tiempo en desplazamientos.
Ahorro económico en desplazamientos y comidas.
Disminución del estrés.
Menos problemas laborales.
Libertad de residencia.
Oportunidad de integración para discapacitados.
Mayor productividad de discapacitados.

**Tabla 3: Resumen de las principales ventajas para los teletrabajadores.**

#### 2.1.4. Ventajas para las empresas

En el proyecto de (De Luis *et al.*, 2006) y, en especial, en la tesis de (Blanco Romero, 2005) se expone como principal ventaja para la empresa el aumento de la productividad.

Este aumento de la productividad, algunos autores como (Kurland y Bailey, 1999; Bailey y Kurland, 2002) lo estiman entre un 10 y un 40%. Este factor, señalado como ventaja también para los teletrabajadores, se explicita en una supuesta ventaja directa para las empresas y para los clientes de teletrabajadores. Este beneficio aparece largamente mencionado y expuesto como la gran panacea del teletrabajo, sin embargo, este hecho no deja de ser un elemento puramente teórico, ya que no hay constataciones reales de que esto sea así en la realidad. Es más, no todas las experiencias del teletrabajo muestran esta tendencia.

Sin ir más lejos, los propios teletrabajadores entrevistados en la mayoría de estudios, no señalan el aumento de productividad como una de los principales beneficios (como se vio en el apartado anterior, este beneficio es derivado de las dos grandes ventajas para los teletrabajadores que son la flexibilidad horaria y el ahorro de tiempo y dinero en desplazamientos). Puesto que este hecho se presume difícil de constatar por los teletrabajadores, las empresas deberían proveerse de algún medio necesario para contabilizar las ganancias directas de esta posible mejora aunque éste aún está por llegar.



En la mayoría de los casos, el aumento de productividad está directamente relacionado con la confortabilidad con la que trabajan los teletrabajadores desde el hogar (menor nivel de ruidos, reducción de interrupciones de los compañeros,...) y con la flexibilidad de horarios de que disponen, la cual favorece que estos empleados utilicen los momentos en los que son más productivos para realizar sus tareas profesionales y que, por tanto, realicen un trabajo de mayor calidad y de manera más eficiente (CEFRIO, 2001).

Por ello, el aumento de la productividad no puede verse más que por factores indirectos que provienen de las nuevas condiciones de trabajo de los teletrabajadores: aumento de la satisfacción del teletrabajador, reducción del absentismo y los retrasos, o incluso una mayor permanencia de estos trabajadores en la empresa y una mejor relación con los clientes.

Otra buena ventaja para las empresas descrita en la tesis de (Blanco Romero, 2005) es la retención de los buenos empleados gracias a la oferta del teletrabajo que, de no existir esta posibilidad, podrían verse obligados a abandonar la empresa, así como la mejora de oportunidades en la captación de nuevos trabajadores sin problemas de distancia física. Esta situación se da especialmente en el caso de empleados con un grado importante de especialización, reduciendo, con su permanencia, costes de selección, contratación y formación de nuevos empleados. Además, para los especialistas, como para cualquier otro trabajador, el teletrabajo supone una modalidad de empleo muy atractiva por las ventajas comentadas en el apartado anterior, situación de la que se pueden beneficiar las empresas para su captación.

En los años 80, los empresarios consideraban como una gran ventaja del teletrabajo el ahorro en costes en espacios de oficinas, en especial en las situadas en el centro de grandes ciudades. En cambio, poco a poco se ha ido comprobando como esta reducción de costes no era tan significativa como se pensaba al principio.

En los casos de los empleados asalariados de una plantilla, que la empresa decide relocalizar para trabajar desde su hogar, el coste de instalación de los recursos necesarios para el teletrabajador puede llegar a ser casi tan importante como el coste que suponía su puesto de trabajo en la oficina, aunque es amortizado ampliamente a corto plazo. Sólo comienza a ser algo más rentable cuando la idea de teletrabajo se traslada a una parte importante de la plantilla de la empresa. Por ejemplo, IBM, que ha desarrollado el teletrabajo como una forma organizativa principal, afirma reducir sus costes de manera considerable, llegando al 55% en algunos de los departamentos (Greengard, 1994).

La situación cambia cuando se trata de teletrabajadores independientes donde los empresarios o clientes no se hacen cargo de los costes del teletrabajo. En estos casos, claramente las empresas se ven beneficiadas.

Por ello, en otros trabajos se identifica como una de las ventajas que proporciona el teletrabajo, en uno de ellos incluso, citando el ejemplo de la empresa *Kellogg*, que se ahorró hasta un 60% en electricidad en sus oficinas adaptadas de Madrid (Cimarra, 2005; De Luis *et al.*, 2006; Seco, 2011).

Y como último aspecto ventajoso para las empresas estaría un elemento de los más importantes para los teletrabajadores, la flexibilidad de horarios. El empleado,

como veíamos en el apartado anterior, se beneficia de los horarios adaptables a sus necesidades, mientras que las empresas se aprovechan de la desconcentración de horarios, más amplios, y que favorecen la ampliación de oferta de sus servicios. Por ejemplo, en Estados Unidos, ciertas multinacionales aprovechan los diferentes husos horarios del país para componer grupos de trabajo (*Group-ware*), de manera que, de esta manera, pueden disponer de jornadas de 11 horas sin aumentar la jornada laboral normal (Benchimol, 1994).

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES VENTAJAS PARA LAS EMPRESAS
Aumento de la productividad.
Aumento de la calidad del trabajo de su eficiencia.
Reducción del absentismo laboral.
Mejor atención al cliente.
Mantenimiento del personal y captación de personal interesante para la empresa.
Reducción de costes generales de espacios y mantenimiento.
Reducción de costes salariales gracias a trabajos subcontratados.
Optimización de la gestión del tiempo con <i>group-ware</i> .

Tabla 4: Resumen de las principales ventajas para las empresas.

### 2.1.5. Ventajas para la sociedad

La principal ventaja para la sociedad y en la que coinciden todos los estudios como en (Blanco Romero, 2005; Cimarra, 2005; De Luis *et al.*, 2006; Seco, 2011), son los beneficios medioambientales que produce el teletrabajo, debido a la disminución de desplazamiento de sus empleados y, por tanto, la disminución del tráfico y de la polución. Así lo cree también (Benchimol, 1994), que expone que a la sociedad le interesa promover el desarrollo del teletrabajo en la medida en que limita los desplazamientos que invaden a diario las carreteras y los medios de transporte en las horas punta, ocasionando pérdidas de tiempo, un incremento de la polución y del consumo de energía. De este modo, el aumento del teletrabajo supondría la reducción de la congestión urbana e interurbana en las horas punta, la reducción de la polución e incluso de las enfermedades derivadas del estrés.

Otro punto fuerte como ventaja social que se expone en (Blanco Romero, 2005; De Luis *et al.*, 2006) sería una mejor distribución del trabajo entre la población, la cual favorecería dos ventajas directas: menos acumulación de población en grandes ciudades y puestos de trabajo mejor distribuidos geográficamente.

La reducción de desplazamientos facilitaría que los empleados pudieran instalarse en zonas alejadas de las grandes ciudades. Esta relocalización de población derivaría en una menor necesidad de infraestructuras en las grandes ciudades y una necesidad de servicios nuevos en las zonas rurales, lo que conseguiría equilibrar todos los territorios.

Y, mirándolo desde otro punto de vista, el hecho de no ser necesaria una actividad presencial en un centro de trabajo, facilita que el trabajo pueda redistribuirse, posibilitando la deslocalización o relocalización de los empleos hacia regiones económicamente más necesitadas.

Desde cualquiera de los dos puntos de vista, el resultado sería equivalente, se conseguiría equilibrar, en cuanto a densidad de población y en cuanto a riqueza y oportunidades de empleo, todas los territorios: ciudades y zonas rurales.

En (Bussières; Lewis y Thomas, 1999) también se comparte esta visión al exponer que siempre que exista una intención política favorable, el teletrabajo supondría una nueva redistribución de los efectivos poblacionales y por consiguiente de infraestructuras sociales y económicas. Esta distribución ser daría principalmente en el caso de promover el teletrabajo a tiempo completo así como el teletrabajo autónomo, ya que en los dos casos la reducción de desplazamiento es mucho más significativa.

Esta ventaja de redistribución posibilita una ventaja más para cierto grupo de personas con dificultades para adquirir un empleo: personas discapacitadas o de movilidad reducida. Como ya se comentó en el apartado de ventajas para teletrabajadores, la reducción de los desplazamientos y la posibilidad de trabajar desde el propio hogar, facilita la integración en puestos de trabajo cualificados para los cuales no es imprescindible una presencia permanente en la empresa (Blanco Romero, 2005; De Luis *et al.*, 2006).

En general, y coincidiendo con ventajas para los trabajadores, el teletrabajo proporciona un aumento de la calidad de vida en la sociedad y nuevas oportunidades de trabajo (Blanco Romero, 2005).

Por último, el desarrollo e implantación de infraestructuras de teletrabajo en las empresas hace que se invierta en nuevas tecnologías, lo que proporciona desarrollo global en el proceso de mejora de la vida cotidiana (De Luis *et al.*, 2006).

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES VENTAJAS PARA LA SOCIEDAD
Disminución de la contaminación.
Disminución del tráfico.
Ahorro de energía.
Menor acumulación de población en grandes ciudades.
Mejor distribución geográfica de los puestos de trabajo.
Mejor acceso al mercado laboral de discapacitados.
Mejor calidad de vida.
Nuevas oportunidades de trabajo.
Desarrollo de nuevas tecnologías.

Tabla 5: Resumen de las principales ventajas para la sociedad.

## 2.1.6. Modalidades de teletrabajo

Después de realizar un completo análisis de los inconvenientes y las ventajas que tiene el teletrabajo para los distintos colectivos implicados, en este apartado se analizarán las distintas modalidades de teletrabajo disponibles. Las clasificaciones de tipos de teletrabajo son numerosas aunque existen unos tipos mayoritarios.

El tipo de teletrabajo empleado, sobre todo, por autónomos y empleados asalariados que tienen la posibilidad de volver a su empleo presencial (Blanco Romero, 2005; De Luis *et al.*, 2006).

Esta modalidad de teletrabajo no dista mucho de los empleos tradicionales a domicilio, confección de prendas de vestir, venta de pequeños juguetes, etc. La gran diferencia y razón por la cual este teletrabajo es mucho más interesante, es que se realiza mediante un ordenador y gracias a las TIC, pudiéndose relacionar con la empresa o cliente de manera remota.

De forma paralela existe el teletrabajo telependular, seminómada o mixto. Este tipo de teletrabajo no es tenido en cuenta por las empresas, sin embargo, es el que más utilizan. Las personas que utilizan este tipo de teletrabajo reparten sus tareas entre el domicilio, la oficina y el propio terreno, aunque, en última instancia, siempre tienen como referencia la oficina. Este tipo de teletrabajo tiene un gran inconveniente y es que suele tratarse de un acuerdo informal entre el teletrabajador y sus superiores, lo que dificulta conocer el potencial del fenómeno en sí mismo (Blanco Romero, 2005).

Otra modalidad de teletrabajo que se podría decir que ha existido siempre, sería lo que ahora se ha rebautizado como teletrabajo nómada. Es utilizado especialmente por comerciales, técnicos o banqueros de inversión que ejercen una relación directa con el cliente al que dan servicio. Gracias a las TIC, el uso de esta modalidad puede verse incrementado debido a que han facilitado su trabajo y reducido los desplazamientos de manera que los servicios realizados resultan más eficaces (Blanco Romero, 2005; De Luis *et al.*, 2006).

El telecentro es una nueva modalidad de teletrabajo que se desarrolla principalmente en Europa, dentro de las iniciativas impulsadas por la Comisión Europea, y que tiene como principal característica la de que el trabajador realiza su trabajo fuera de casa pero alejado del centro de trabajo convencional (Blanco Romero, 2005; De Luis *et al.*, 2006). Dentro de esta modalidad existen varias modalidades:

- El “*business center*”. Son oficinas equipadas con los medios para teletrabajar donde trabajadores de distintas empresas pueden acudir para realizar su trabajo.
- El telecentro propiamente dicho. Al igual que en la modalidad anterior, son centros convenientemente equipados, que proporcionan un espacio de teletrabajo para personal asalariado de una misma empresa y para los teletrabajadores autónomos, “*freelances*”, que ofrecen sus servicios a sus clientes particulares. Además, en estos espacios se ofrece la posibilidad

de formación, y ponen sus instalaciones al servicio de la población local en la que se encuentran.

- El “*call center*” o centro de llamadas. Esta modalidad, a diferencia de las dos anteriores, se ha desarrollado principalmente en Estados Unidos y Canadá, aunque también en zonas de Europa se utiliza, principalmente en la gestión de las agendas de médicos y hospitales. Se trata de un centro desarrollado por las empresas para gestionar los contactos telefónicos con sus clientes. Puede tratarse de centros particulares de una empresa o centros que ponen sus servicios a disposición de diferentes empresas gestionando sus buzones de voz, agendas profesionales, reservas turísticas, agencias de seguros, telebanca reclamaciones, reserva de citas de consultas médicas, veterinarias, hospitalarias, etc.

Las tareas realizadas en estos centros bien podrían trasladarse a zonas rurales. Sin embargo, puesto que estos trabajos requieren de una mano de obra medianamente formada, pero a costes reducidos, y con el fin de asegurarse una infraestructura de TICs básica y una formación mínimas, el desarrollo de estos telecentros únicamente se ha realizado en aquellas zonas en las que ya se ha producido una innovación tecnológica.

Por último, el “*group-ware*”, que se trata de una forma de organización más que de una ubicación de trabajo especial. Se trata de un grupo de profesionales que trabajan en el mismo proyecto y que utilizan las TIC para mantenerse en contacto y trabajar de manera simultánea (incluso aprovechando varios husos horarios como se vio en el apartado de ventajas para empresas). Normalmente estos teletrabajadores desempeñan su tarea desde su domicilio, aunque también hay casos de empresas multinacionales donde hay distintos empleados distribuidos por oficinas en diferentes países (Blanco Romero, 2005).

## 2.2. Software Libre

Contrariamente a lo que mucha gente pueda pensar, en los comienzos de la informática, el desarrollo de todo el software cumplía con las definiciones de software libre, aunque por entonces, el término ni siquiera existía. Después de eso, todo cambió completamente y el software privativo se apoderó del desarrollo de software, casi en exclusiva, durante mucho tiempo. Pero a principios de los años 1980, poco a poco se fueron plantando las bases del software libre y comenzaron a aparecer programas libres. Estas semillas que se plantaron entonces, hicieron que se fuera cambiando la tendencia y el software libre ha ido creciendo y madurando hasta llegar a nuestros días, donde se ha convertido en una posibilidad más a utilizar en casi todos los ámbitos (Seoane Pascual; González Barahona y Robles, 2007).

El que podría definirse como padre del software libre, fundador del movimiento del mismo nombre, de la *Free Software Foundation* (FSF) y del Proyecto GNU es Richard Stallman. En una vida cada vez más dirigida por ordenadores, donde es el código fuente que ejecutan estos ordenadores el que dirige las acciones que se ejecutan y, por tanto,

nos dirige, es importante realizarse algunas preguntas acerca de dicho código. “¿Qué control deberíamos tener sobre el código? ¿Qué comprensión? ¿Qué libertad debería haber para neutralizar el control que permite? ¿Qué poder?”. Estas preguntas han sido el reto de la vida de Stallman. Gracias a sus trabajos y sus palabras parte de la sociedad ha empezado a ser consciente de la importancia de mantener “libre” el código. Con “libre”, no se refiere a una falta de remuneración a los autores del código, sino libre en el sentido de control. El software debe ser transparente y cualquiera debe tener derecho a tomar el control sobre él (Stallman, 2004).

En los siguientes puntos se explicará en profundidad el significado de software libre, las ventajas que tiene su utilización, así como el impacto social que está generando.

### 2.2.1. Qué es el SL

El concepto de ‘Software Libre’ fue definido por Richard Stallman. Éste se basa en cuatro libertades básicas que se le otorgan al que recibe el software (Free Software Foundation, 2011b):

- Libertad para ejecutar el programa en cualquier sitio, con cualquier propósito y para siempre: libertad de ejecución (libertad 0).
- Libertad para estudiarlo y adaptarlo a las necesidades de cada uno; esto exige el código fuente: libertad de estudio (libertad 1).
- Libertad para distribuirlo a nuestra voluntad, de modo que se nos permita colaborar con vecinos y amigos: libertad de redistribución (libertad 2).
- Libertad para mejorar el programa y publicar las mejoras; también exige el código fuente: libertad de copia (libertad 3).



Figura 3: Richard Stallman.

Un programa desarrollado con software libre, basándose en estas libertades, debería ser libre para redistribuir sus propias copias, con o sin modificaciones, gratis o cobrando una tarifa de distribución, a cualquiera persona o entidad y en cualquier parte. Todo ello, sin estar obligado a pedir o pagar un permiso para hacerlo.

También debería tener total libertad para hacer uso del mismo software, modificado o no, para uso personal. Tendría la libertad de poder publicar las

modificaciones realizadas, y todo ello, nuevamente, sin estar obligado a notificarlo a nadie en particular ni de ninguna forma.

Igualmente, para que se cumplan estas libertades, un software libre distribuido a un usuario para que lo ejecute con sus propios propósitos, podría ser transferido a un tercer usuario, siempre y cuando no se le impongan los propósitos del primer usuario, ya que dejaría de ser libre.

De igual forma, para que la libertad de modificación tenga sentido, debe distribuirse tanto los ejecutables como el código fuente, y este código fuente no debe estar ofuscado, o dejaría de cumplir su cometido. Además todo software libre modificado que sea distribuido, debe permitir la ejecución del programa original, ya que, de otra manera, entraría en conflicto con la primera libertad del software libre.

Como puede verse, la definición de software libre, lleva implícitos muchos conceptos muy amplios de significado. Ya en su definición, a Stallman le pareció que “libre” (“free” en inglés), era un concepto muy ambiguo, que generaría todo un rompecabezas y obligaría a las personas a pensar. Pero esa era su intención, porque el software libre es algo más que un software gratuito, ya que gratuito es el único significado de “libre” que hace referencia a un precio. Resulta mucho más interesante la acepción de “libre” refiriéndose a *libertad de expresión* o a *trabajo libre no forzado* (Stallman, 2004).

Para que estas libertades puedan cumplirse, es necesario establecer algún mecanismo que, de alguna manera, obligue a todo desarrollador de software libre a cumplirlas. Esta obligación parece contrastar con la idea de *libertad*. Sin embargo, se hace necesario establecer ciertas normas para identificar claramente cuándo un software es verdaderamente libre o tiene alguna restricción.

El mecanismo que se utiliza para garantizarlas, de acuerdo con la legalidad vigente, es la distribución mediante una cierta licencia. En este sentido, se ha escogido una herramienta muy inteligente llamado “*copyleft*”, que se implementa a través de una licencia llamada GPL. Esto es, usando el poder del “*copyright*”, el software libre no sólo se asegura seguir siendo libre y su susceptibilidad de modificación, sino también que otro software que incorpore software libre y que, técnicamente, se convierta en un derivado del programa original, deba también ser libre (Stallman, 2004).

Desde un punto de vista práctico, hay varios textos que definen más precisamente qué condiciones tiene que cumplir una licencia para ser considerada como de software libre. Entre ellas, destacan por su importancia histórica la definición de software libre de la *Free Software Foundation* (FSF), las directrices de Debian para decidir si un programa es libre y la definición de la *Open Source Initiative* (OSI) del término *open source*, muy similar a las anteriores (Seoane Pascual; González Barahona y Robles, 2007).

De estas definiciones, destacan las que se consideran las dos grandes familias de motivaciones para el desarrollo de software libre (Stallman, 2004; Seoane Pascual; González Barahona y Robles, 2007):

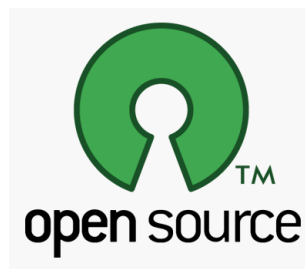
1. La motivación ética (FSF), heredera de la cultura hacker y partidaria del apelativo ‘libre’, argumenta que el software es conocimiento que debe

poder difundirse sin trabas, y que su ocultación es una actitud antisocial y la posibilidad de modificar programas es una forma de libertad de expresión.



**Figura 4: Logo de la Free Software Foundation.**

2. La motivación pragmática (OSI), partidaria del apelativo ‘fuente abierta’, hace énfasis en la disponibilidad del código fuente, y no en la libertad, recalcando el aspecto técnico que da lugar a ventajas técnicas y económicas.



**Figura 5: Logo de la Open Source Initiative.**

En la siguiente figura se muestra un diagrama para entender de una manera gráfica qué es el software libre y con qué conceptos se relaciona.



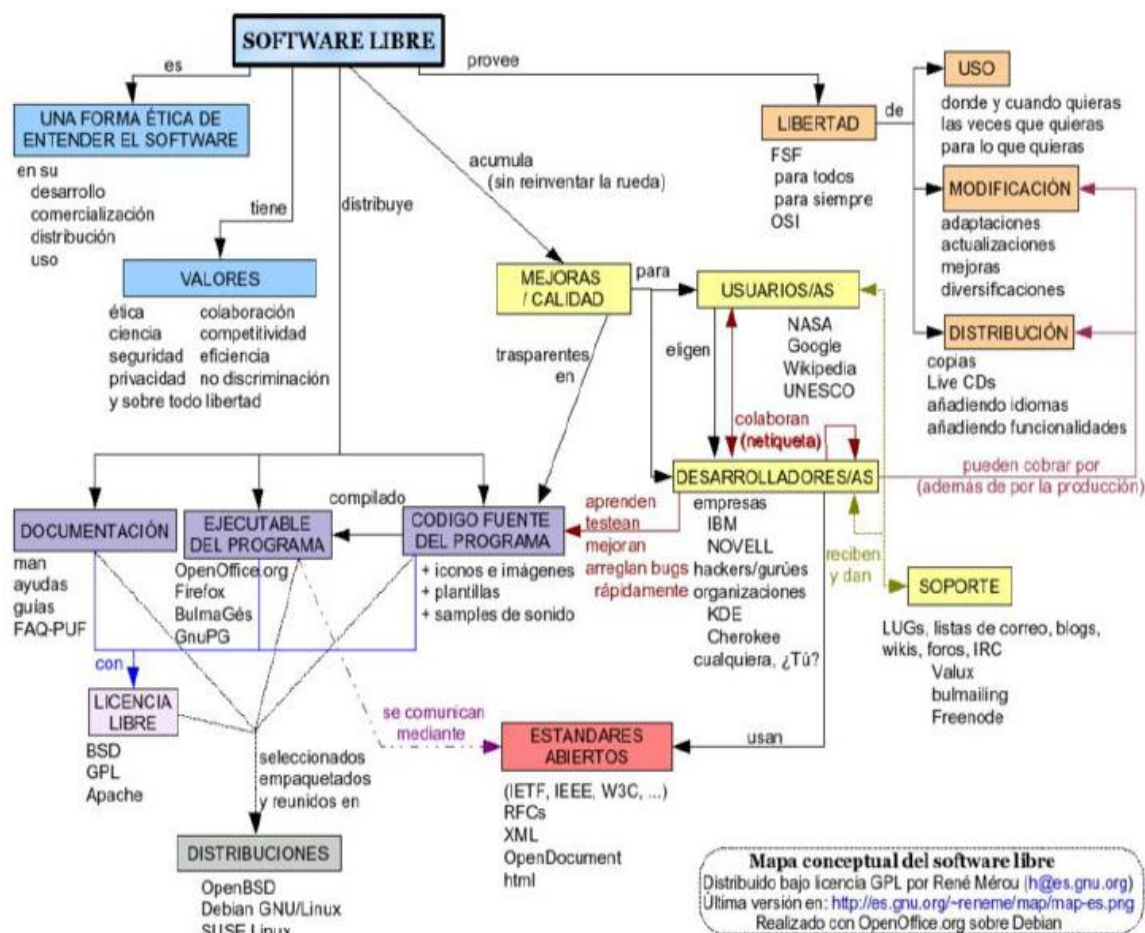


Figura 6: Diagrama del funcionamiento del Software Libre.

Además de los distintos movimientos, existen muchos otros términos que se relacionan con el software libre, pero que, en la mayoría de los casos, tienen poco que ver con él. A continuación se recopila una selección de los más importantes, junto con su descripción (Seoane Pascual; González Barahona y Robles, 2007):

- **Freeware:** programas gratuitos. Normalmente, se distribuyen sólo en binario y se pueden obtener sin coste. A veces, se obtiene también permiso de redistribución; pero cuando no es así, sólo puede obtenerse en el sitio oficial mantenido para tal efecto. Es habitual que estos programas se usen para promocionar otros programas (típicamente, con funcionalidad más completa) o servicios.
- **Shareware:** no se trata siquiera de software gratis, sino un método de distribución, ya que los programas (generalmente, sin fuentes) se pueden copiar libremente, pero no usar de manera continuada sin pagar. La exigencia de pago puede estar incentivada por la funcionalidad limitada, mensajes molestos o una simple apelación a la moral del usuario, además de que las estipulaciones legales de la licencia podrán utilizarse en contra del infractor.

- Charityware o careware: generalmente *shareware*, pero cuyo pago se exige para una organización caritativa patrocinada. En muchos casos, el pago no se exige, pero se solicita una contribución voluntaria.
- Dominio público: el autor renuncia a absolutamente todos sus derechos a favor del bien común, lo cual tiene que estar declarado de manera explícita en el programa, ya que si no se dice nada, el programa es propietario y no se puede hacer nada con él. En este caso, y si además se proporcionan las fuentes, el programa es libre.
- Copyleft: un caso particular de software libre, cuya licencia obliga a que las modificaciones que se distribuyan también sean libres.
- Propietario, cerrado o no libre: términos usados para denominar el software que no es libre ni de fuente abierta.

## 2.2.2. Historia del software libre

La historia del software libre se remonta a los años 1960 (Seoane Pascual; González Barahona y Robles, 2007). Fue una etapa dominada por los grandes ordenadores e IBM, en la que el software se distribuía junto al hardware y, habitualmente, con el código fuente.

En la década de los 1970, se comenzó a vender el software por separado, impulsado por IBM, de manera que adquirió un valor intrínseco que las empresas aprovecharon para hacer negocio, limitando en la medida de lo posible que los usuarios pudieran compartirlo. De esta manera la distribución pasó a ser privativa y no incluía el código fuente ni otorgaba permiso de modificación o redistribución. Esta se convirtió, prácticamente, en la única opción.

En esta misma década y a pesar de que el mundo del software privado ganaba fuerza, se sucedieron algunas iniciativas de software libre. Por ejemplo, comenzó el desarrollo del sistema operativo Unix en los Bell Labs de AT&T, que dio lugar más adelante a Unix BSD. Su evolución, paralela al nacimiento de Internet, sirvió de campo de pruebas para nuevas formas de desarrollo en colaboración, que luego se convirtieron en las habituales en el mundo del software libre.

No fue hasta la década de los 1980, cuando aparecieron, de forma organizada y consciente, los primeros proyectos para la creación de sistemas compuestos por software libre.

Richard Stallman, harto del software privado y sus restricciones, decidió crear un sistema software completo, de propósito general que llamó GNU (*GNU's Not Unix*). Este sistema, comenzó incluyendo algunas aplicaciones libres ya desarrolladas (como *TeX* o, más adelante, el sistema *X-Window*), y siguió con el desarrollo de un compilador de C (*GCC*) y un editor de textos (*Emacs*), que aún a día de hoy son muy utilizados.

En la década de los 1990, Internet fue madurando, proporcionando a las comunidades de software libre nuevos canales de comunicación y distribución. Y es

en estos años cuando el proyecto GNU está casi completo para ser un sistema totalmente libre, únicamente le falta una pieza importante, el núcleo.

En este sentido, aparecen dos corrientes paralelas e independientes para cubrir esta necesidad, 386BSD y Linux.

La comunidad BSD estaba muy cerca de conseguir un núcleo libre y en 1992, Bill Jolitz consigue completar el primer núcleo de esta comunidad bajo el nombre de 386BSD ya que se trataba de un núcleo hecho para funcionar sobre una arquitectura i386. Este núcleo es el que más tarde daría pie a los proyectos NetBSD, FreeBSD y OpenBSD. A partir de este núcleo muchos desarrolladores se volcaron con el proyecto de un sistema completamente libre, donde incluyeron algunas aplicaciones del proyecto GNU. La mayor parte del sistema se distribuyó bajo la licencia BSD.



Figura 7: Logo de FreeBSD.

En la segunda corriente, en 1991, Linus Torvalds comenzó a desarrollar un núcleo libre (*Linux*) con la idea de un sistema libre similar a Minix. Enseguida muchos desarrolladores se volcaron con su idea y, una vez se liberó su versión 1.0 en 1994, se comenzó la integración del proyecto GNU con este núcleo. Como no podía ser de otra forma, la mayoría de los componentes de este nuevo sistema se distribuyó bajo la licencia GPL.

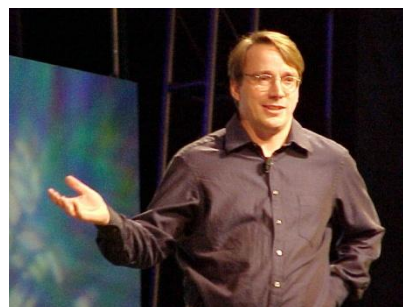


Figura 8: Linus Torvalds.

A partir de este sistema nace el concepto de “distribución”. La peculiaridad de estas distribuciones es que todas se basan en un mismo empaquetamiento alrededor del núcleo Linux y, cada una, trata de aportar a los usuarios unas aplicaciones u

otras y unos sistemas de gestión de éstas u otros. Todo ello con el fin de ofrecer las máximas y mejores herramientas a los usuarios.

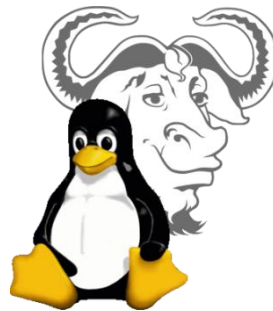


Figura 9: Logos de Linux y GNU.

Nacieron de esta forma las principales distribuciones que hoy en día siguen siendo importantes:

- Debian, desarrollada por una comunidad de desarrolladores voluntarios. Más adelante, Ubuntu nació a partir de ella, producida por la empresa Canonical.
- Red Hat Linux, primero desarrollada internamente por la empresa Red Hat, pero adoptando más adelante un modelo más comunitario, dando lugar a Fedora Core. También dio lugar a Mandrake Linux que después evolucionó en Mandriva.
- Suse, que se basó en sus orígenes en Slackware y que dio lugar a OpenSUSE, en una evolución similar a la de Red Hat.

A principios de siglo, el software libre llega a liderar algunos sectores (como el de los servidores web, dominado por Apache), y aparecen nuevas herramientas que cubren una gran cantidad de necesidades informáticas (OpenOffice.org, Firefox, etc.). Estas herramientas pueden ser utilizadas por usuarios domésticos y son suficientes para las necesidades de la mayoría de las empresas.

Tal ha sido su fuerza que, a día de hoy, cualquier empresa de la industria del software tiene una estrategia con respecto al software libre (en mayor o menor medida).

### **2.2.3. Ventajas y desventajas del software libre frente al software propietario**

Explicadas las bases del nacimiento del software libre, en este apartado se tratará de esclarecer cuáles son las ventajas e inconvenientes de usar software libre frente a las ventajas e inconvenientes del uso de software propietario.

En (Culebro Juárez; Gómez Herrera y Torres Sánchez, 2006) se resumen y explican todos estos aspectos con mucha claridad.

### 2.2.3.1. Ventajas del software libre

A continuación se describirán las principales ventajas que tiene el uso de software libre:

- Bajo coste de adquisición y libre uso. Habitualmente, lo que el usuario adquiere junto con un software, sea mediante un pago o no, es una licencia que define el tipo de utilización que se le puede dar al mismo. Además del coste de adquisición del software, el usuario que lo adquiere debe tener en cuenta el coste del mantenimiento y configuración de este software. Por ello, lo que más interesa es que este software tenga un coste lo más bajo posible, en todos los sentidos. El usuario de software libre se asegura un precio de licencia nulo o muy bajo, además de un conjunto de recursos muy amplios. En el caso de los usuarios particulares, el software libre les proporciona una forma de obtener una/s herramientas que le ofrezcan mucha versatilidad, sin tener que preocuparse por el precio. Sin embargo, para las empresas y la Administración Pública, el hecho de que el coste de la licencia del software libre sea casi nulo resulta un factor muy importante, ya que puede suponer la diferencia entre escoger una solución informática u otra. Las empresas tienen en cuenta el coste total de la solución informática, como la suma del coste de adquisición, el coste de mantenimiento y la ayuda que proporciona su utilización. Evidentemente, reducir el coste de adquisición a un valor cero o cercano, ayuda a que el software libre resulte una opción muy atractiva. Además, el hecho de que sea libre, hace que este software sea mucho más eficiente, robusto y variado que el software propietario. Y todo ello gracias a que en la mejora y creación de distintas versiones puede trabajar cualquier persona o entidad que esté interesada. Es un progreso por y para el bien común.
- Innovación tecnológica. El objetivo principal del software libre consiste en compartir información tecnológica. Esta cooperación seguida por el movimiento del software libre se basa en que el conocimiento pertenece a la humanidad, sin hacer distinción alguna. De esta manera, se consigue que la innovación tecnológica sea similar a la de la propia humanidad, la cual se va basando en el conocimiento ya descubierto para innovar sobre él. Cualquier usuario puede incidir de una forma u otra en la evolución de los programas gracias a sus aportaciones, ya sean en forma de votación para corregir unos errores, proposición de nuevas funcionalidades o con el propio desarrollo.
- Requisitos de hardware menores y durabilidad de las soluciones. Aunque no se puede generalizar, existen casos documentados que demuestran que las soluciones de software libre tienen menos requisitos de hardware, de manera que su desarrollo resulta mucho

más barato. Por ejemplo, en los sistemas Linux que comúnmente se utilizan en los servidores, se puede trabajar sin la necesidad de la interfaz gráfica, lo que reduce los requisitos hardware. Además, en el software propietario, la empresa puede decidir dejar de dar soporte a determinadas versiones de su software o a determinadas arquitecturas porque opine que se encuentran anticuadas. En el mundo del software libre esto es más complicado que suceda, ya que estas decisiones son tomadas por comunidades enteras. De manera que siempre existe mucho más soporte para versiones antiguas o minoritarias en software libre que en software propietario.

- Escrutinio público. Como se ha comentado varias veces, el proceso de desarrollo del software libre se realiza de forma cooperativa, de manera que varios programadores, casi siempre voluntarios, trabajan conjuntamente en el mismo proyecto y lo sacan adelante. Gracias a que el código fuente es de ámbito público, otros desarrolladores y usuarios pueden probar y estudiar este código. De esta manera los errores se detectan y corrigen mucho más rápido.
- Independencia del proveedor. El software libre garantiza una independencia del proveedor gracias a la disponibilidad del código fuente. Cualquier empresa o profesional, que tenga los conocimientos adecuados, puede continuar con el desarrollo y/o mejora de la aplicación. Esto se presenta imposible con el software propietario, del cual se depende cuando se necesita alguna actualización o mejora. Además, en el mundo del software propietario, la empresa puede abandonar algún proyecto en cualquier momento, de tal manera que los usuarios se quedan sin soporte. En software libre, esto es más difícil que ocurra, ya que cualquiera tiene a su disposición el código para poder estudiarlo y mejorarlo.
- Industria local. En el software propietario, el usuario tiene opción de ejecutar el programa pero no puede revisarlo ni modificarlo. De esta manera no puede aprender de él ni corregir los fallos que tenga. Si se desea que el conocimiento dentro de una empresa o entidad se propague y crezca a través de sus individuos, el software libre ofrece la posibilidad de comprender ese funcionamiento y, por tanto, ofrecer un valor añadido a dicha entidad a través de los usuarios de estas aplicaciones.
- Datos personales, privacidad y seguridad. La relación entre el Estado y los ciudadanos depende de la privacidad e integridad de los datos que debe manejar el Estado sobre dichos ciudadanos. Estos datos deben estar a salvo contra el acceso y/o modificación no autorizado a los mismos y contra la imposibilidad de acceso por parte de las personas autorizadas. Estas medidas de seguridad necesarias únicamente pueden asegurarse mediante la revisión de infinidad de personas. Esto es lo que ocurre en el software libre, multitud de desarrolladores pueden revisar el código fuente y detecta posibles 'puertas traseras' o problemas de seguridad. En el software

propietario, en cambio, nunca se puede estar seguro de si algún programador, a título personal, por orden de la empresa o por descuido ha introducido una 'puerta trasera' en alguna parte del código.

- Adaptación del software. En muchas empresas y especialmente en la administración pública, habitualmente se requiere un software totalmente personalizado que cubra toda la gama de necesidades. En este sentido, el software libre ofrece una clara ventaja frente al software propietario y es la disponibilidad del código. Mientras que el software propietario vende un paquete estándar al que las empresas deben ajustarse u ofrecen la posibilidad de crear un software personalizado de cero, con el consiguiente coste, el software libre ofrece soluciones mucho más aceptables económicamente hablando. Con software libre se puede coger una aplicación estándar y personalizarla hasta conseguir satisfacer todas las necesidades requeridas, lo que reduce enormemente el coste.
- Lenguas minoritarias, traducción, uso e impulso de difusión. Claramente el software libre abre fronteras respecto al software propietario. Los idiomas escogidos para lanzar una aplicación al mercado en el software propietario son decididos únicamente por el fabricante y no se puede hacer nada más. En el software libre, cualquiera que quiera agregar un idioma o traducción al idioma que sea, podrá hacerlo sin problemas ya que la licencia es totalmente libre. Esto además hace que lenguas minoritarias o en desuso se vean impulsadas para evitar su completo olvido.

### 2.2.3.2. Desventajas del software libre

Aunque se ha visto que las ventajas del software libre son sustanciales, también existen desventajas muy importantes que deben ser tenidas en cuenta a la hora de decantarse por su utilización.

- La curva de aprendizaje es mayor. Cuando el usuario es totalmente analfabeto, tecnológicamente hablando, el tiempo de aprendizaje invertido en un sistema de software libre frente a un sistema de software propietario es muy similar pero, puesto que la utilización del software propietario, históricamente ha marcado a toda la generación tecnológica, lo habitual es que la mayoría de los usuarios de ordenadores, únicamente conozcan software propietario y es a lo que están acostumbrados. Querer pasar a un usuario de software propietario a software libre implica una curva de aprendizaje mucho mayor que si se hiciera en el otro sentido.
- El software libre no tiene garantía proveniente del autor. Cuando se adquiere un producto de software propietario, éste lleva una garantía asociada que el proveedor o fabricante ofrece, de manera que asegura su funcionamiento (aunque a veces no sea el esperado). En

el software libre, puesto que su desarrollo está condicionado a todo aquel que quiera intervenir, no se puede proporcionar dicha garantía.

- Se necesita dedicar recursos a la reparación de errores. En el apartado anterior se comentaba como ventaja la posibilidad de detectar y corregir errores. Sin embargo, cuando la corrección de esos errores es urgente para una empresa que utiliza software libre y no puede esperar a que algún desarrollador lo realice, debe arreglarlo o pagar para que lo arreglen ciertos desarrolladores. En el software propietario, puesto que no hay código fuente abierto, no cabría otra posibilidad que la de esperar a que el fabricante solucionara el problema.
- No existen compañías únicas que respalden toda la tecnología. Al tratarse de proyectos abiertos a cualquier desarrollador, no existe una única compañía que se vuelque por completo en una única tecnología. Esto hace que todas las distintas tecnologías evolucionen, más o menos, al mismo tiempo, lo que hace que, quizás, una tecnología puntera se desarrolle más lenta que si una compañía dedicara todos sus esfuerzos a explotarla.
- Las interfaces gráficas (GUI) y la multimedia apenas se estabilizan. Un aspecto clave para los usuarios noveles, es cierto que el desarrollo de las interfaces gráficas siempre ha estado por detrás de los desarrollos de software propietario, aunque actualmente el panorama ya está cambiando y se puede considerar que las interfaces de software libre más populares (GNOME y KDE) ya son lo suficientemente estables y usables para un uso cotidiano, aún hay muchos que son reticentes.
- La mayoría de la configuración de hardware no es intuitiva. En sistemas libres la configuración del sistema se presenta como algo complicado. Y es bastante cierto que es, cuanto menos, poco intuitiva. Sin embargo, la documentación que existe gracias a ser software libre es muy buena y permite una configuración adecuada. La desventaja es que requiere de cierto esfuerzo por parte del usuario que no tendría que hacer con un sistema propietario.
- Únicamente los proyectos importantes y de trayectoria tienen buen soporte. Como no podía ser de otra forma, los proyectos más demandados son los más atendidos y que mejor funcionan. Así, aplicaciones que resultarían interesantes a un grupo minoritario de usuarios, lógicamente, tendrá mucho menos soporte. A pesar de ello, el software libre cubre aproximadamente el 90% de las necesidades de cómputo del usuario promedio.
- El usuario debe tener nociones de programación. A pesar de que cada vez más se está evolucionando en la implementación de herramientas gráficas para la administración de sistemas de software libre, aún existen muchas opciones que únicamente pueden realizarse teniendo cierto conocimiento técnico. Esto supone un paso



atrás para muchos posibles usuarios que quieran pasarse a un sistema libre.

### 2.2.3.3. Ventajas del software propietario

Y entre tanta ventaja y desventaja del software libre, su competidor, el software propietario también tiene de ambas. El software propietario ha sido y aún es el tipo de software más utilizado y ello no sólo se debe a la falta de opciones durante años. Este tipo de software también tiene sus ventajas.

- Control de calidad. En general, las compañías que desarrollan software propietario tienen departamentos de calidad que son los encargados de probar y asegurar que el software funciona y lo hace bien.
- Recursos a la investigación. En estas empresas se suele destinar una parte de los recursos a la investigación sobre los usos del producto.
- Personal altamente cualificado. El desarrollo de software no lo hace cualquier programador, suelen tener contratados a gente muy cualificada.
- Uso común por los usuarios. Gracias a que desde casi los principios del software se ha utilizado software propietario, los usuarios tienen cierta experiencia, lo que hace que el software propietario siga teniendo mucha utilización.
- Software para aplicaciones específicas. Algunas compañías se vuelcan en desarrollos muy específicos que hacen que tengan la hegemonía en este tipo de aplicaciones y que no se pueda encontrar nada similar en otros lados.
- Amplio campo de expansión de uso en universidades. Ofreciendo planes de descuento educativos, las empresas de software propietario consiguen entrar con fuerza en el ámbito de muchas universidades. Además, el conocimiento global de sistemas propietarios frente a sistema de software libre potencia también la decisión de las universidades a la hora de escoger.
- Difusión de publicaciones acerca del uso y aplicación del software. A pesar de que el número de publicaciones sobre software libre está en aumento, aún son más numerosas las publicaciones que hablan sobre cómo usar el software propietario, ya que es más conocido globalmente.

### 2.2.3.4. Desventajas del software propietario

Y al igual que ocurría con el software libre, el software propietario también tiene sus desventajas. Las siguientes serían las desventajas más destacadas.

- Cursos de aprendizaje costosos. Debido a que no se tiene acceso al código fuente, no se puede estudiar el software en profundidad y, de esa manera, explotarlo al máximo. Por ello, la única forma de conseguirlo es asistir a cursos de formación que, la mayoría de las veces, tienen un coste bastante alto.
- Secreto del código fuente. El funcionamiento del software propietario es un secreto que guarda celosamente la compañía que lo produce. En muchos casos resulta un riesgo la utilización de un componente que es como una caja negra, cuyo funcionamiento se desconoce y cuyos resultados son impredecibles. En otros casos es imposible encontrar la causa de un resultado erróneo, producido por un componente cuyo funcionamiento se desconoce.
- Soporte técnico ineficiente. En la mayoría de las ocasiones el soporte técnico es insuficiente o tarda demasiado en ofrecer una respuesta satisfactoria.
- Ilegal o costosa la adaptación de un módulo del software a necesidades particulares. Es ilegal extender una pieza de software propietario para adaptarla a las necesidades particulares de un problema específico. En caso de que sea de vital importancia dicha modificación, es necesario pagar una elevada cantidad de dinero a la compañía fabricante, para que ésta realiza dicha modificación a su propio ritmo de trabajo y sujeto a su calendario de proyectos.
- Derecho exclusivo de innovación. Ya que el código fuente es secreto en aplicaciones propietarias, la innovación sólo está al alcance del propio fabricante. Si alguien tuviese una idea nueva para aplicar sobre una aplicación propietaria, tendría que desarrollar primero una alternativa a dicha aplicación y aplicar sobre ella la idea. La otra opción sería, como ocurre en muchas ocasiones, vender la idea al fabricante de la aplicación propietaria.
- Ilegalidad de copias sin licencia para el efecto. Puesto que el negocio del software propietario se basa en la venta de licencias de producto, resulta ilegal realizar copias del software para un segundo uso en otra máquina, sin haber contratado una nueva licencia.
- Imposibilidad de compartir. Consecuencia de la desventaja anterior es el hecho de que no se puede compartir el software. Algo tan necesario para el bien de todos como compartir algo que funciona y nos facilita las cosas se hace imposible con las políticas del software propietario.
- Quedar sin soporte técnico. Así como en el software libre siempre cabe la posibilidad de que un grupo de desarrolladores retomen un proyecto antiguo o algo abandonado, en el software propietario, cuando una empresa decide dejar de dar soporte o se va a la banca rota, todos los clientes que contrataron una licencia del producto de esa empresa, quedan abandonados a su suerte y en ningún caso

nadie podría retomar dichos proyectos dadas las condiciones de código cerrado.

- Descontinuación de una línea de software. En la línea de la desventaja anterior estaría la situación en la que una empresa es absorbida por otra más poderosa y todos los productos de ésta se vean abocados a la desaparición. Por la misma razón que la desventaja anterior, todos los clientes de estos productos se quedan sin soporte para siempre.
- Dependencia a proveedores. Cuando una empresa o entidad pública se decanta por escoger el software propietario como proveedor de software, tiene difícil salir de esa tendencia. Se hace dependiente.

## 2.2.4. Reflexiones

Después de haber visto las distintas ventajas y desventajas, tanto del software libre como del software propietario, en este apartado se expondrán algunas reflexiones interesantes recogidas en (Gómez Sánchez, 2003).

Estas reflexiones no hacen sino poner de manifiesto las distintas implicaciones reales que tiene el uso del software propietario (en concreto Microsoft Windows) en relación con las ventajas que tendría la utilización de software libre (GNU/Linux).

Así como la fabricación de aviones de pasajeros, de satélites meteorológicos o de medicamentos de última generación sólo está al alcance de unos pocos países e incluso de unos grupos concretos de profesionales, el desarrollo de un software de importancia no depende de la potencia económica del país, ni tan siquiera de los recursos de que dispone el grupo de desarrollo.

En el caso de la industria del software, el país que acapara casi toda la tecnología y los recursos es Estados Unidos, sin embargo, el software libre ha demostrado que con un simple ordenador personal se pueden desarrollar proyectos de mucha importancia. Se ha podido comprobar que, al contrario que cualquier otra tecnología, el desarrollo de programas de ordenador no precisa de grandes inversiones, con un simple ordenador sería suficiente para el desarrollo de cualquier software, es la figura del programador y sus ideas las que son importantes.

Dado que hay ordenadores personales en casi cualquier parte del mundo y gente con ganas de aprender, experimentar y desarrollar nuevos proyectos, compartiendo experiencias, lo lógico sería pensar que el desarrollo de esta tecnología debería de ser descentralizado y universal.

Entonces, ¿por qué el software propietario sigue teniendo esa presencia en la sociedad? Se ha comprobado que la razón no es una cuestión de solvencia, ya que los sistemas de software libre han demostrado ser tanto o más solventes que los propietarios. La opción que se puede pensar entonces es la aceptación de que el software es un elemento estratégico para controlar la información, más allá de una simple herramienta de trabajo como se podría pensar.

Por este hecho, no es de extrañar que algunos países sospechen de los servicios de inteligencia de otros países, que podrían utilizar Internet y el sistema operativo más común, Microsoft Windows, como medios de espionaje. No hay que olvidar que la información es poder.

Pero yendo más allá de posibles acusaciones de espionaje o de guerras comerciales, está la libertad de los ciudadanos para desarrollar su propio software, de compartir sus programas sin incurrir en un delito. No deberían ser las empresas las que “educaran” a los ciudadanos en un modelo de software propietario, sino que los propios gobiernos deberían darse cuenta de la necesidad de utilizar y potenciar el software libre, para romper la tendencia de dependencia hacia las empresas de software propietario y, de esta manera, fomentar una tecnología nacional potente y competitiva, liberando a los ciudadanos de las continuas acusaciones de delincuencia por verse obligados al pirateo de software demasiado caro que, de otra forma, no podrían permitirse.

Por otro lado, gracias a que el código fuente es abierto, es posible su análisis para poder detectar posibles problemas de seguridad y así mejorarlo y conseguir un software más consistente (Vidal, 2000). En sistemas propietarios esto no es posible.

Por ejemplo, a inicios del 2003, Microsoft tuvo que anunciar su intención de abrir el código fuente de Windows a los responsables de seguridad de los gobiernos de algunos países, para su análisis (Microsoft Corp., 2003), para paliar en parte el descrédito que se había ganado a pulso, mientras que los sistemas GNU/Linux se mostraban seguros, fiables y robustos en temas de seguridad, lo que les convertía en una seria alternativa.

Unos años antes, a mediados del 2000, Microsoft hacía frente a una causa antimonopolios interpuesta por el Departamento de Justicia de Estados Unidos (DiarioTI.com, 2000b). Pero ni Microsoft ni el gobierno del país querían afrontar la sentencia por el elevado coste (DiarioTI.com, 2000a). Esto derivó en que, durante todo el año 2001 se habló de estudiar posibles acuerdos extrajudiciales. Estos acuerdos pasaban por la divulgación del código fuente de Windows a los estados demandantes (ABC.es, 2002).

Es en febrero del 2002, cuando Microsoft decide que ya que debe presentar el código fuente, mejor hacerlo limpio y sin fallos y es cuando anunció que durante un mes no iba a producir nuevos programas ni a sacar nuevas actualizaciones, iba a destinar a todos sus programadores a depurar el código fuente de Windows.

Con la acción de abrir el código fuente se pudo comprobar que Windows no poseía ninguna puerta trasera y que los usuarios estaban a salvo de toda posible complicación de espionaje. Pero siempre quedará la duda acerca de la cantidad de código que fue modificado o eliminado durante ese mes de depuración que invirtió Microsoft antes de abrir su código a expertos en seguridad.

Ante este panorama de especulaciones de seguridad y espionaje, GNU/Linux se presentó como una alternativa seria que muchos países comenzaban a mirar.

Europa, el gran competidor tecnológico de Estados Unidos, fue el primer grupo importante de países en entender que era necesario desligarse del sistema propietario, posiblemente impulsados por todo lo comentado anteriormente. De esta

manera, muchos países europeos como Alemania, Francia o Finlandia, seguidos de otros como Brasil, India, Japón o China, empezaron las migraciones de sus sistemas a sistemas GNU/Linux, desarrollando muchos de ellos alternativas propias de software libre. Incluso en Estados Unidos, el software libre juega un papel importante pero, a nivel gubernamental, se sigue apostando por el software propietario gracias a suculentos contratos (Krim, 2002).

Este debate entre las grandes corporaciones y los gobiernos que apoyan el modelo propietario y la libertad de los usuarios que apuestan por un modelo libre está servido y Stallman plantea, precisamente, la libertad de poder escoger entre 'libertad' y 'poder': *"La libertad es ser capaz de tomar decisiones que afectan principalmente a uno mismo. El poder es ser capaz de tomar decisiones que afectan a otros más que a uno mismo. Si confundimos poder con libertad, habremos fallado en defender la verdadera libertad"* (Kuhn y Stallman, 2009).

Es en esta lucha en la que el software propietario hace todo lo posible, incluso rozando la ilegalidad, por imponerse como estándar, sin importar quien se vea comprometido, gobiernos, empresas y ciudadanos. Para ello, estas empresas se aprovechan de su posición privilegiada y los estados únicamente pueden, utilizando el argumento de la seguridad, imponer un sistema u otro. Pero incluso con este argumento se presenta difícil el cambio ya que, obviando el asunto de la seguridad, el sistema se siente muy cómodo con el modelo dominante: el software propietario.

Desgraciadamente, lo que puede reprocharse es que los políticos que conocen el alcance que puede tener el software libre son pocos y, los que lo conocen, únicamente lo utilizan como elemento electoral. Sin embargo, estos apoyos, aunque interesados, son muy importantes en el desarrollo del modelo de software libre.

## 2.3. Virtualización

Desde hace varios años, los negocios han venido experimentando un cambio significativo en los procesos y en la forma en cómo se manejan las relaciones con sus clientes, proveedores y colaboradores. La competencia que se está generando en los negocios hace que éstos deban esforzarse al máximo para no perder opciones de mercado. Para ello, las organizaciones intentan ofrecer mucho más, invirtiendo lo mismo o incluso menos: reducen su estructura organizacional, recortan costes de donde sea, intentan expandirse a otros mercados, etc. En lo referente al área de las TIC, con la expansión y continuos adelantos en el campo tecnológico, se prueban distintas estrategias para lograr automatizar la mayor cantidad de sus procesos de negocio, y brindarle a sus empleados la posibilidad de acceder a la información y a la infraestructura que requieren para tener capacidad de respuesta a los nuevos retos y oportunidades que dan, en definitiva, aumentar el rendimiento, sin que esto incurra en nuevos costes, para lograr ajustarse a los, cada vez más ajustados, tiempos y presupuestos. Dentro de toda esta gama de oportunidades de mejora que se presentan con las TIC, el éxito de los negocios presenta una serie de retos por satisfacer, relacionados con la posibilidad de ofrecer a sus empleados recursos móviles, de fácil acceso, seguros y confiables, que permitan simular el comportamiento organizacional

diario que ejecutan desde su oficina, pero que se logre mediante un acceso móvil. Las proyecciones fijadas en las nuevas tecnologías se basan en poder contar con herramientas ágiles, fáciles de usar, así como confiables y con alto porcentaje de disponibilidad, de manera que las ganancias que ofrezcan superen a los costos de innovación y de seguridad y asuntos legales. Para conseguir enfocarse en esta línea, es necesario que las empresas reduzcan su particular resistencia al cambio y estén abiertas a reformar sus capacidades tecnológicas. Es aquí donde aparece el término de virtualización. Este tipo de tecnología se enfoca en contar con sistemas de información más eficientes, adaptables y que sean congruentes con los objetivos estratégicos de cada organización (Morteo Ortiz, 2007; Arias Chaves, 2008).

Gracias a que en la actualidad la potencia del hardware disponible ha aumentado mucho (equipos cada vez más rápidos en términos de CPU, con mayor cantidad de memoria RAM y espacio de almacenamiento), es posible hablar de esta opción extremadamente interesante para muchas empresas, incluidas las PYMEs (Galán y Fernández, 2004; González Villalonga, 2006).

Los orígenes de la virtualización se sitúan en el año 1972, cuando IBM empezó a implementarla como manera lógica de particionar sus *mainframes*<sup>1</sup>. Estas particiones permitían a estos ordenadores realizar varias tareas al mismo tiempo. Y fue en estas computadoras en las que lanzó el sistema VM/370 con el que surgió el concepto de “máquina virtual” (*Virtual Machine*, VM) (García Calahorra, 2009; Fuertes y López de Vergara, [s.f.]).

Este concepto se definió originalmente en 1974, por Popek y Goldberg como “*an efficient, isolated duplicate of a real machine*” (Popek y Goldberg, 1974), aunque esta definición, actualmente, incluye otras máquinas que no simulan una máquina real utilizando el hardware real, como pudiera ser la *Java Virtual Machine* (JVM).

El concepto de virtualización lleva de la mano el de máquina virtual y, en pocas palabras, podría definirse como una técnica que permite encapsular una unidad de proceso (programa, sistema operativo, incluso un equipo completo) para su ejecución dentro de un entorno en un equipo físico que emula el entorno real transparentemente (Galán y Fernández, 2004).

En este contexto, una máquina virtual se refiere a los componentes emulados y ejecutados dentro de la máquina real física. Esta máquina debería comportarse de manera idéntica a una máquina real, aún con menos recursos disponibles y con las diferencias de tiempo de respuesta al tratar con dispositivos. Además, la máquina virtual es un sistema aislado, lo que quiere decir que no debería interferir en la ejecución de otras posibles máquinas virtuales alojadas en el mismo servidor. Y por supuesto, el rendimiento de esta máquina virtual debería ser cercano al del hardware real (Fuertes y López de Vergara, [s.f.]).

En los siguientes apartados se tratará de profundizar un poco más en estos conceptos y en su funcionamiento. Se describirán los retos que plantea esta tecnología, así como las ventajas que proporciona. Por último, se analizarán varias plataformas de virtualización existentes.

---

<sup>1</sup> Un mainframe u ordenador central es una computadora grande, potente y costosa usada principalmente por una gran compañía para el procesamiento de una gran cantidad de datos; por ejemplo, para el procesamiento de transacciones bancarias.

### 2.3.1. En qué consiste la virtualización

Una posible definición de virtualización podría ser: “aquello que tiene una existencia aparente y no es real” (Zorraquino, 2006). En la informática, virtualización es un término muy amplio que se refiere a la abstracción de recursos de un ordenador.

En general, como se viene comentando, la virtualización produce un ahorro grande de costos en muchos sectores de la informática, dado que a menudo se necesitan mantener un conjunto grande de servidores. Es mucho más barato mantener pocas máquinas físicas que alberguen el conjunto global de servidores a mantener, que una máquina física por cada servidor que se necesite (Jones Pérez y González, 2008).

De esta manera, el concepto de virtualización nace con la idea de mejorar la utilización de recursos tecnológicos, agrupando éstos y compartiéndolos según las necesidades de cada máquina que los utilice. Estos recursos van desde servidores completos hasta servicios de almacenamiento o servicios de red (Internet). De esta manera, mediante la virtualización se pueden ubicar los recursos dinámicamente a través de las aplicaciones y procesos de una empresa (Arias Chaves, 2008).

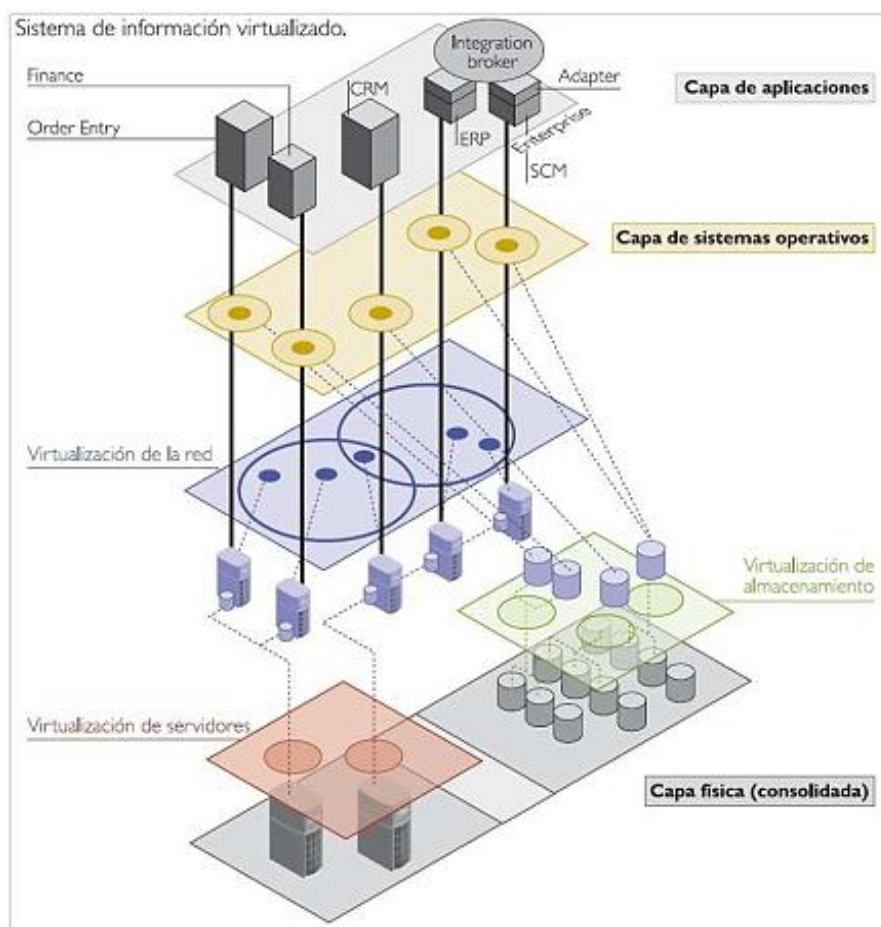


Figura 10: Sistema de información virtualizado.

Dicho de otra forma, la virtualización aprovecha todas sus capacidades para dotar a un usuario o empresa de servicios tecnológicos mediante interfaces de simulación entre el hardware y el software, tanto a nivel de sistema operativo como a nivel de aplicaciones. Básicamente de lo que se trata es de sustituir un determinado hardware (máquina parcial o completa) y hacer que otro hardware más potente cubra estas capacidades mediante un software, de manera que se pueda disfrutar de los mismos recursos globales con mucho menos hardware.

Estas características permiten un mejor aprovechamiento de los recursos hardware, además de una enorme flexibilidad a la hora de asignar recursos en un momento y lugar determinado (Arias Chaves, 2008).

Esta compartición de recursos sólo es posible gracias a la situación tecnológica actual. A nivel hardware se dan las siguientes características y condiciones:

- Capacidad de proceso. Los microprocesadores actuales de la mayoría de servidores del mercado (Intel y AMD, fundamentalmente) tienen capacidad de proceso necesaria para ejecutar el equivalente a varios sistemas operativos simultáneos. Salvo en sistemas dedicados a tareas de computación pura o de muy elevada carga de trabajo, los procesadores actuales pasan la mayor parte de su tiempo ociosos, esperando la próxima conexión al servidor web, o los próximos 20 correos electrónicos.
- Capacidad de memoria RAM. Los servidores de hoy en día tienen capacidades de memoria RAM que hace tan sólo unos años no tenían ni siquiera los discos duros. Uno o dos gigabytes de RAM son hoy una opción habitual y económica. Además el coste de aumentar esta memoria es muy bajo.
- Capacidad de almacenamiento. Las capacidades de almacenamiento también han experimentado un crecimiento exponencial, debido fundamentalmente a los grandes avances en tecnología de almacenamiento. Actualmente, no es difícil encontrar discos duros de cientos de gigabytes o incluso uno o dos terabytes a un precio bastante económico.

Estas capacidades extraordinariamente altas son relativamente aprovechadas por usuarios caseros, donde el almacenamiento de música, películas o fotos resulta un aspecto importante, o donde los juegos de ordenador requieren de gran potencia gráfica y capacidad de procesamiento.

Sin embargo, estas necesidades no se dan en los servidores de las empresas, donde el cuello de botella se suele concentrar en el ancho de banda de la red de comunicaciones y, por tanto, no se precisa un procesador excesivamente rápido, y donde la capacidad de almacenamiento no es tampoco importante ya que la documentación generada por muchas empresas no llegará a cubrir todo el almacenamiento de que dispone ni en varias décadas de trabajo (González Villalonga, 2006).



Es por estas razones que el uso de la virtualización se convierte en una opción muy sugerente para ahorrar costes y mejorar el rendimiento principalmente.

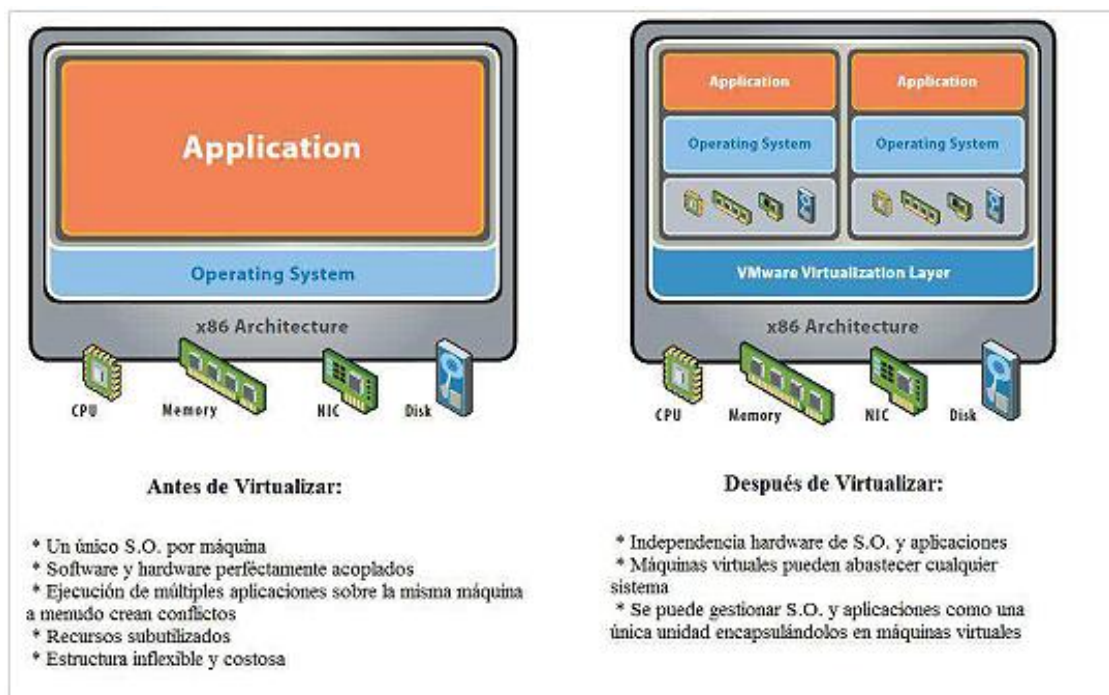


Figura 11: Virtualización.

En un sistema de información virtualizado existen componentes software “especiales” que se ubican entre las aplicaciones de negocio y los recursos físicos de la plataforma tecnológica, cuya funcionalidad es construir réplicas funcionales de los recursos físicos, llamados recursos virtuales. De esta forma las aplicaciones ya no interactúan directamente con el hardware físico, sino que lo hacen siempre con los recursos virtuales, los cuales, a su vez interactúan con los físicos. A estos componentes software “especiales” se les llama *hipervisores* que son los responsables del manejo de las características del hardware de la máquina física que alberga máquinas virtuales.

Así, el *hipervisor*, o *Virtual Machine Monitor* (VMM), se encarga de la gestión de los recursos (CPU, memoria, red y almacenamiento), de manera que el usuario pueda gestionar la creación de máquinas virtuales, dotándolas de una interfaz del hardware que sea compatible con el sistema operativo que se vaya a instalar en éstas. Esta capa de software permite, además, repartir dinámicamente la carga entre los diferentes sistemas virtualizados (Arias Chaves, 2008; García Calahorro, 2009). Se pueden distinguir principalmente dos modelos de *hipervisores*:

- Hipervisor tipo 1: también denominado nativo o *unhosted*, se ejecuta directamente sobre el hardware, para ofrecer la funcionalidad descrita. Algunos de los más conocidos son VMware ESX, Xen o Microsoft Hyper-V.

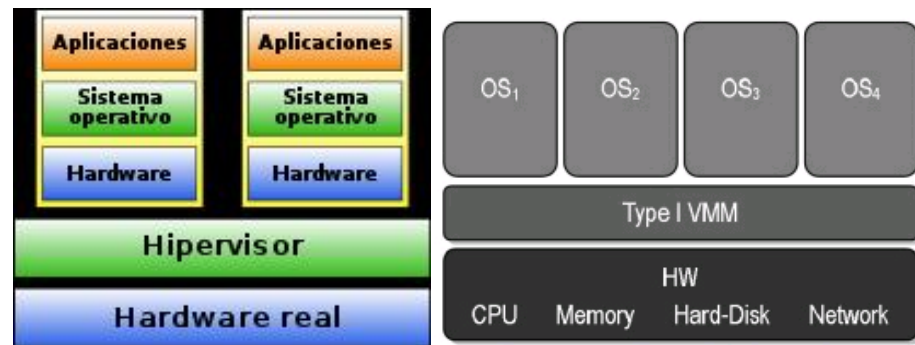


Figura 12: Hipervisor tipo 1.

- Hipervisor tipo 2: también denominado *hosted*, se ejecuta sobre un sistema operativo. Algunos de los más conocidos son VirtualBox, VMware Workstation, QEMU o Virtual PC.

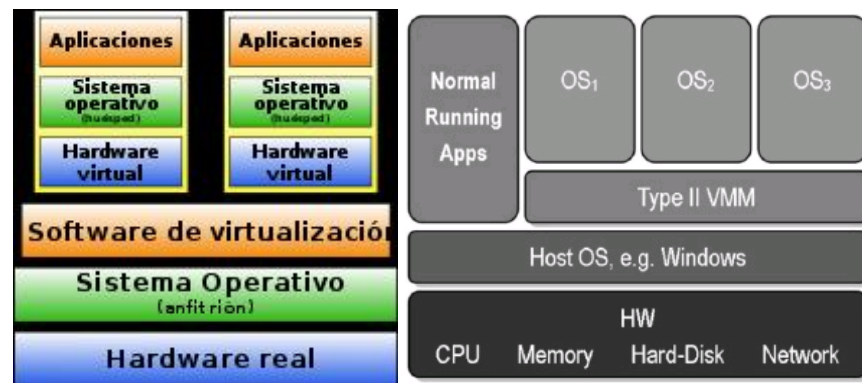


Figura 13: Hipervisor tipo 2.

En el siguiente apartado se describirán las distintas técnicas de virtualización que hay, además de los tipos de máquinas virtuales disponibles.

### 2.3.2. Tipos de virtualización

Hablando de tipos de virtualización, se puede hablar de técnicas de virtualización, pero también de qué recursos virtualizar.

A nivel de recursos, se pueden virtualizar el almacenamiento, la red o el servidor (Arias Chaves, 2008).

- La virtualización de almacenamiento es cuando se unen múltiples dispositivos de almacenamiento en red, en lo que aparenta ser una única unidad de almacenamiento. Se usa en redes de área de almacenamiento, una subred de alta velocidad que comparte dispositivos de almacenamiento, y realiza tareas de almacenamiento, respaldo y recuperación de datos de forma más fácil y rápida.

- La virtualización de red es la segmentación o partición lógica de una única red física, para usar los recursos de la red. Trata a todos los servidores y servicios en la red como un único grupo de recursos que pueden ser accedidos sin considerar sus componentes físicos.
- La virtualización de servidor es la técnica empleada para particionar un servidor físico en varios servidores virtuales pequeños.

En cuanto a técnicas de virtualización existen varias diferenciaciones. La primera diferenciación que es necesario realizar es que existe, por un lado, la virtualización hardware y, por el otro, la virtualización software, que utiliza a su vez la virtualización hardware (Ulloa Z., 2009).

- La virtualización hardware se integra en los microprocesadores, y es un conjunto de instrucciones máquina que facilitan y mejoran sus posibilidades. Además, a este conjunto de instrucciones se la suma los progresos que se han ido realizando con la inclusión de varios núcleos en el mismo chip. Incluso se podría dedicar cada uno de los núcleos a una máquina virtual diferente y aislar la ejecución del sistema operativo virtual, para que hicieran un uso intensivo de la CPU.
- La virtualización software se refiere a la instalación del software que actúa sobre el hardware (directamente o sobre un sistema operativo) y que se comunica con el hardware para poder permitir la virtualización. Para realizar este proceso de virtualización existen distintos procesos que se explicarán más adelante que son la emulación, virtualización parcial, virtualización completa, paravirtualización y virtualización a nivel de sistema operativo.

A continuación se describirán brevemente las distintas técnicas de virtualización posibles en cuanto a virtualización por software.

### 2.3.2.1. Emulación

Esta técnica se basa en crear máquinas virtuales que simulen el hardware de una o varias plataformas hardware diferentes. Este tipo de virtualización es la más costosa, además de ineficiente, ya que obliga a simular por completo el funcionamiento de una plataforma hardware, lo que implica que cada instrucción ejecutada debe ser traducida entre la plataforma virtual y la real. En la siguiente figura se puede ver la capa creada para simular el hardware necesario para ejecutar al sistema operativo huésped.

Pese a estas desventajas, la emulación proporciona características interesantes, como poder ejecutar un sistema operativo diseñado para una plataforma específica sobre otra plataforma con la cual técnicamente no es compatible. Un representante de hipervisor que permite esta virtualización es QEMU, que permite la emulación plataformas de hardware como x86<sup>2</sup>, PowerPC<sup>3</sup> o SPARC<sup>4</sup> (González Villalonga, 2006; García Calahorro, 2009).

---

<sup>2</sup> Denominación genérica dada a ciertos microprocesadores de la familia Intel.

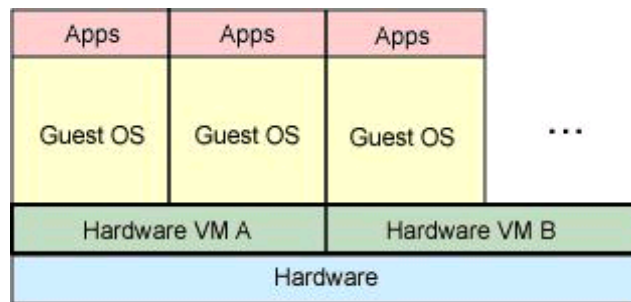


Figura 14: Emulación.

### 2.3.2.2. Virtualización parcial

La máquina virtual simula múltiples instancias del entorno subyacente del hardware. Este entorno admite compartir recursos y aislar procesos, pero no permite instancias separadas de sistemas operativos huésped. Aunque no se la considera dentro de la categoría de máquina virtual, históricamente este fue un importante acercamiento, y fue usada en sistemas como el experimental IBM M44/44X<sup>5</sup> (García Calahorro, 2009).

### 2.3.2.3. Virtualización completa

La virtualización completa permite ejecutar un sistema huésped sobre un anfitrión, sin tener que hacer modificaciones en el sistema operativo de la máquina virtual, mediante la utilización de un hipervisor que permite compartir el hardware real. En cuanto al rendimiento que se puede llegar a obtener con esta técnica, es superior al conseguido con la emulación y, con las mejoras técnicas que han proporcionado Intel y AMD en los procesadores, se puede llegar a obtener un rendimiento prácticamente idéntico al de una máquina real. Un hipervisor que permite este tipo de virtualización sería KVM (González Villalonga, 2006; Jones Pérez y González, 2008; García Calahorro, 2009).

<sup>3</sup> PowerPC (usualmente abreviado como PPC) es el nombre original de la arquitectura de máquinas de tipo RISC, fue desarrollada por IBM, Motorola y Apple.

<sup>4</sup> SPARC (del inglés *Scalable Processor ARChitecture*) es una arquitectura RISC big-endian. Es decir, una arquitectura con un conjunto reducido de instrucciones.

<sup>5</sup> Fue un computador experimental de mediados de los años 1960 basado en el IBM 7044, y simulaba múltiples máquinas virtuales 7044.

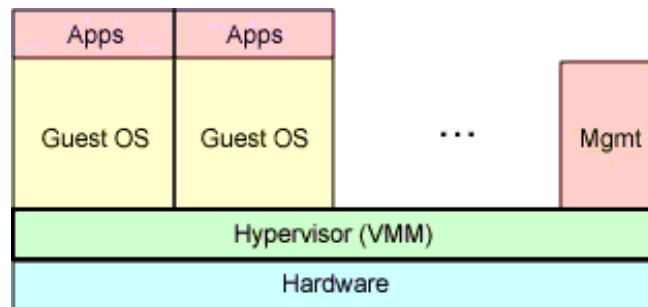


Figura 15: Virtualización completa.

#### 2.3.2.4. Paravirtualización

Con esta técnica se busca mejorar la eficiencia de las máquinas virtuales. Se basa en que los sistemas huéspedes de las máquinas virtuales deben ser sistemas operativos modificados, con una adaptación especial para poder ejecutarse sobre un hipervisor. De esta manera tanto el sistema huésped como el sistema anfitrión cooperan para obtener al máximo rendimiento. Un representante de esta técnica de virtualización es Xen (González Villalonga, 2006; García Calahorro, 2009).

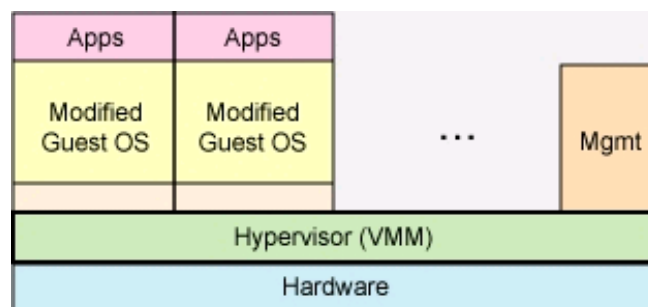


Figura 16: Paravirtualización.

#### 2.3.2.5. Virtualización a nivel de sistema operativo

Este tipo de virtualización, a menudo no se toma como tal, ya que realmente se trata de un entorno de ejecución aislado, que puede considerarse más como funcionalidad específica del sistema operativo anfitrión. El servidor físico y una única instancia del sistema operativo son virtualizados en múltiples particiones aisladas, donde cada partición duplica un servidor real. Un representante de esta técnica sería OpenVZ (González Villalonga, 2006; Arias Chaves, 2008).

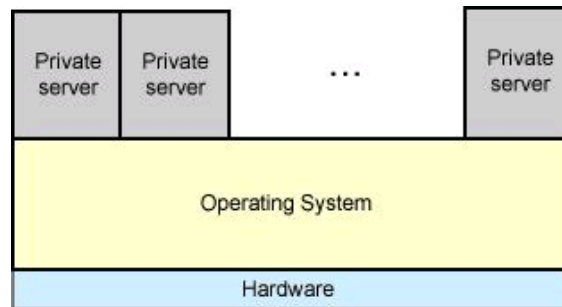


Figura 17: Virtualización a nivel de sistema operativo.

### 2.3.3. Tipos de máquinas virtuales

Las máquinas virtuales se pueden clasificar en dos categorías (García Calahorra, 2009):

- Máquinas virtuales de sistema (*System Virtual Machine*).
- Máquinas virtuales de proceso (*Process Virtual Machine*).

#### 2.3.3.1. Máquinas virtuales de sistema

Las máquinas virtuales de sistema también se conocen como *hardware VM* y su característica principal es que proporcionan un entorno completo, en el que varios sistemas operativos y procesos y diferentes usuarios pueden compartir el mismo hardware. Las máquinas virtuales de sistema aparecieron en la década de los años 1970, donde los ordenadores de la época tenían unas dimensiones importantes y eran muy caros, por lo que eran compartidos por un alto número de usuarios. Con estas máquinas virtuales, los diferentes usuarios podrían haber ejecutado diferentes sistemas, según sus necesidades, sobre el mismo hardware.

Este tipo de máquinas virtuales pueden proporcionar una arquitectura de instrucciones (ISA, *Instruction Set Architecture*) que sea diferente a la de la máquina en la que se ejecuta o *máquina host*, lo que implica que puede simular hardware. De esta forma, se pueden ejecutar varias máquinas virtuales con distintas necesidades, e incluso arquitecturas, sobre el mismo hardware, sin que por ello existan interferencias, ya que estas máquinas virtuales tienen la capacidad de ejecutarse de manera aislada, compartiendo los recursos de hardware disponibles.

#### 2.3.3.2. Máquinas virtuales de proceso

Las máquinas virtuales de proceso, o también llamadas, máquinas virtuales de aplicación, se ejecutan como un proceso habitual dentro de un sistema operativo. En este proceso es donde crean un pequeño entorno virtual que contiene los componentes necesarios para su ejecución. Este entorno virtual actúa como una capa entre la aplicación en sí y el sistema operativo, de manera

que elimina los conflictos entre aplicaciones, y entre aplicaciones y el sistema operativo. Gracias a esta capa adicional y sobre la que se ejecuta el código, permite una independencia del hardware real sobre el que se quiera ejecutar.

Los ejemplos más claros y conocidos son la máquina virtual de Java™ (JVM, *Java Virtual Machine*) (ORACLE Corp., 2011a) y la máquina virtual del entorno .Net (Microsoft Corp., 2011a) de Microsoft que se llama *Common Language Runtime* (CLR).

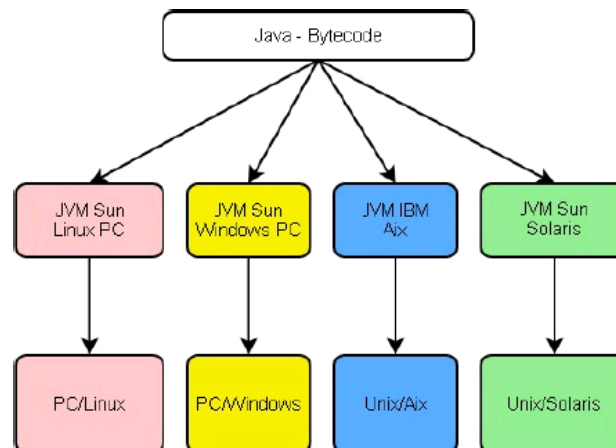


Figura 18: Funcionamiento de la máquina virtual de Java.

## 2.3.4. Ventajas que proporciona

Además de la característica principal de la virtualización que es poder ejecutar más de un sistema operativo, de manera aislada en la misma máquina física, para obtener el mejor rendimiento posible del hardware, también es posible crear una red de ordenadores, simulando distintas máquinas virtuales y conectándose entre ellas como si de una red real se tratara. También es posible particionar un disco duro y utilizar estas particiones como si fueran discos duros más pequeños independientes y aislados. En general, dispositivos y usuarios tienen la capacidad de interactuar con las máquinas virtuales como si fueran recursos únicos reales. Como ya se comentó en el apartado anterior, no sólo es posible virtualizar una máquina al completo, sino que también se puede virtualizar únicamente el almacenamiento o únicamente la red, o cualquier combinación (Ulloa Z., 2009).

A continuación se describirán otras mejoras también importantes (Galán y Fernández, 2004; González Villalonga, 2006; García Calahorro, 2009; Ulloa Z., 2009):

Entre las ventajas que ofrece la virtualización la más interesante para las empresas, sin duda, es la reducción de costes y riesgos, aumentando, además, la calidad y agilidad de la infraestructura informática: los usuarios ejecutan múltiples sistemas al mismo tiempo en sólo un servidor físico, pero con la independencia suficiente como para simular una máquina para cada uno de ellos. Esta reducción de costes comporta una disminución en el número de servidores físicos, en los

requisitos inmobiliarios, de consumo eléctrico, refrigeración, etc. Además, se incrementa la eficiencia del hardware, ya que en un sistema sin virtualización, el sistema se encuentra, casi siempre, subutilizado en las empresas, al tiempo que se ofrecen soluciones para aislar y administrar recursos de manera mucho más flexible.

Las máquinas virtuales se administran de forma independiente, ya que son a todos los efectos, máquinas independientes. Esto facilita las labores de mantenimiento, ya que no es necesario investigar si un problema en el servidor de correo está afectando, por ejemplo, al servidor web. Esto no podría darse si ambos servidores se encontraran en máquinas virtuales independientes. Además, permite a los administradores dedicar menos tiempo a tareas repetitivas como configuración y supervisión, además del mantenimiento, dotando de mayor flexibilidad y capacidad de respuesta.

El coste de administración de la máquina anfitrión se ve reducido y además, su estabilidad es muy grande, ya que únicamente tiene instalado un sistema operativo extremadamente básico, y la aplicación de virtualización. En este servidor, comúnmente sólo hay máquinas virtuales, no se ejecutan servidores de web, ni de correo, ni bases de datos.

La ampliación del hardware de una máquina virtual es inmediata, siempre que haya recursos reales disponibles: ampliar la RAM es tan sencillo como hacer un apagado ordenado de la máquina virtual, cambiar su configuración y volver a arrancarla. Lo mismo en el caso de nuevos discos duros virtuales o CPUs.

El hardware de las máquinas virtuales es independiente del hardware real. Esto significa que si en algún momento se necesitara ampliar el servidor anfitrión, o incluso sustituirlo, sólo necesitamos apagar todas las máquinas virtuales, copiarlas al nuevo servidor, y volver a arrancarlas. Si es necesario habrá que modificar sus configuraciones para aprovechar las nuevas características de la nueva plataforma (más memoria, más CPUs), pero en ningún caso, sería necesario reinstalar ninguna de las máquinas virtuales, a pesar de haber realizado una migración masiva de hardware. Además, las máquinas virtuales podrían migrarse de forma gradual de un anfitrión a otro, sin paradas descontroladas, y sin impacto en el trabajo diario. De esta manera, la disponibilidad de los servicios se ve aumentada, ya que no es necesario programar paradas de mantenimiento y, se evitan también gran parte de las paradas no programadas por cortes de suministro eléctrico, por ejemplo.

La virtualización permite consolidar servidores, optimizando la infraestructura, aumentando la utilización de los recursos. Esto se consigue mediante la agrupación de recursos de infraestructuras comunes y la superación del modelo 'una aplicación para un servidor'.

Capacidad de gestión y seguridad: se puede implementar, administrar y supervisar entornos de escritorio protegidos a los que los usuarios pueden acceder localmente o de forma remota, desde cualquier ordenador.

Otras ventajas interesantes son las siguientes:

- Mejora de las políticas de copia de seguridad, recuperación ágil desde los puntos de control de la máquina virtual.
- Aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles.



- Continuidad de negocio y recuperación ante desastres.
- Escalabilidad al crecer con contención de costes.
- Mantenimiento y prueba de aplicaciones, sin necesidad de adaptar nuevas versiones de sistema operativo.
- Eficiencia energética.

### 2.3.5. Soluciones de virtualización

Tal y como se ha visto en apartados anteriores, existen muchas variantes de virtualización disponibles, según las necesidades que se establezcan. Además, para cada técnica de virtualización existen varios productos, tanto de software libre como de software propietario. Por ello, a la hora de decidirse por alguna de ellas se deberán tener algunas consideraciones importantes en cuenta (Morteo Ortiz, 2007):

- Coste de sistemas operativos. Hay que tener en cuenta el precio de la licencia, tanto el sistema operativo del equipo anfitrión como los sistemas operativos instalados en las máquinas virtuales. En principio, eso no debería ser ningún problema para el caso de consolidación de un centro de cómputo, pero sí puede representar un coste importante para la instauración de secciones y departamentos nuevos dentro de su organización.
- Soporte de sistemas operativos. Debe escogerse una herramienta que admita los sistemas operativos que utiliza la organización en cuestión. A ser posible, que asegure una continuidad de soporte para el futuro. La regla de oro es “entre más diversidad y variedad de sistemas operativos soportados, mejor”.
- Soporte para el hardware actual. La herramienta de virtualización debe ser capaz de reconocer y abstraer todo el hardware del equipo (incluyendo tarjetas digitalizadoras de audio y vídeo, replicadoras de puertos, módems, etc.) y ofrecerlo a las máquinas virtuales.
- Rendimiento de la herramienta. El sistema de virtualización debe proporcionar una funcionalidad tan cercana como sea posible al hardware real, es decir, como si cada máquina virtual realmente estuviera corriendo en su propio equipo de cómputo.
- Gestión de hardware. La inspección y estudio de las diferentes maneras en que los sistemas de virtualización administran el hardware del equipo anfitrión y las restricciones que le imponen, pueden ayudarle a seleccionar aquella herramienta que se ajuste mejor a las necesidades de su organización. Algunos de los aspectos a considerar son el manejo de memoria, la administración de discos, la compatibilidad con herramientas y programas, así como el aislamiento de sus recursos físicos y lógicos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, a continuación se presentan distintas alternativas de virtualización (García Calahorro, 2009):

SOLUCIÓN	TIPO DE LICENCIA
VirtualBox	GPL v2/Propietaria
OpenVZ	GPL
KVM	GPL/LGPL
Xen	GPL v2/Propietaria
QEMU	GPL/LGPL
Virtual PC	Propietaria
Virtual server	Propietaria
VMware	Propietaria
Parallels	Propietaria

Tabla 6: Listado de soluciones de virtualización.

A continuación se describirán brevemente las distintas soluciones planteadas, destacando las principales ventajas y desventajas y su coste económico asociado.

### 2.3.5.1. VirtualBox

Software de virtualización para arquitecturas x86 que proporciona virtualización completa. Originalmente se distribuyó bajo licencia privativa, pero en enero de 2007, después de años de desarrollo, surgió una versión de software libre VirtualBox OSE (Open Source Edition) bajo una licencia GPL v2.

Software creado por la empresa alemana *Innotek GmbH* y adquirido por *Sun Microsystems* en 2008. Actualmente es desarrollado por *Oracle Corporation* (ORACLE Corp., 2011b).



Figura 19: Logo VirtualBox.

Comparándola con otras aplicaciones privadas de virtualización, como VMware Workstation o Microsoft Virtual PC, VirtualBox carece de algunas funcionalidades, a pesar de que cada vez se están incorporando nuevas actualizaciones de mejora importantes. En cambio, provee alguna funcionalidad interesante como la ejecución remota de máquinas virtuales, accediendo mediante el protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*) o el soporte de almacenamiento en red iSCSI<sup>6</sup>, aunque estas funcionalidades no se encuentran disponibles en la versión libre.

Actualmente se distribuye bajo licencia libre GPL v2 y bajo licencia propietaria PUEL<sup>7</sup>.

<b>VENTAJAS</b>	Excelente documentación, aplicación de código abierto, fácil instalación.
<b>DESVENTAJAS</b>	No dispone de aceleración 3D, ya que sólo se tiene acceso a la tarjeta gráfica virtual de VirtualBox. Además, la versión libre está mucho más limitada en funcionalidades que la versión propietaria.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

Tabla 7: Principales características de VirtualBox.

### 2.3.5.2. OpenVZ

Software de virtualización en el nivel de sistema operativo para GNU/Linux. OpenVZ permite la creación de múltiples instancias de sistemas GNU/Linux de forma segura y aislada dentro del marco de un servidor físico. Esto permite una mejor utilización del servidor y mantiene los llamados Entornos Virtuales (EV) separados en distintos contenedores para evitar interferencias.

Esta tecnología está basada en el software comercial Parallels Virtuozzo Containers de la empresa Parallels, la cual se encarga de su soporte (Parallels Inc., 2011a).

<sup>6</sup> Internet SCSI. Estándar que permite el uso del protocolo SCSI sobre redes TCP/IP.

<sup>7</sup> *Personal Use and Evaluation License*.



Figura 20: Logo OpenVZ.

Comparando esta alternativa con máquinas virtuales como VMware o VirtualBox, tiene la principal desventaja en la elección del sistema operativo, tanto en los huéspedes como en el anfitrión, que debe ser GNU/Linux. Por otra parte, sus puntos fuertes son el buen rendimiento que ofrece, escalabilidad, densidad y administración de recursos dinámicos.

Actualmente se distribuye bajo licencia GPL.

<b>VENTAJAS</b>	Buen rendimiento general, es fácilmente escalable, permite una alta densidad de entornos virtuales y la administración de recursos es dinámica, lo que facilita su gestión.
<b>DESVENTAJAS</b>	La principal y no poco importante desventaja es que únicamente soporta el sistema GNU/Linux tanto para sistemas huéspedes como para el anfitrión.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

Tabla 8: Principales características de OpenVZ.

### 2.3.5.3. KVM

KVM (*Kernel-based Virtual Machine*) es una solución software para implementar virtualización completa con GNU/Linux sobre arquitecturas x86 que contienen extensión de virtualización hardware (Intel VT o AMD-V). Está formada por un módulo del núcleo del sistema operativo y herramientas en el espacio de usuario, todas ellas de software libre. Esta tecnología permite ejecutar máquinas virtuales utilizando imágenes de disco que contienen sistemas operativos sin modificar. Cada máquina virtual tiene su propio hardware virtualizado: tarjeta de red, discos duros, tarjeta gráfica, etc.

KVM fue creado por la empresa Qumranet, que en 2008 fue adquirida por Red Hat, la cual se encarga de su soporte actualmente (Red Hat Inc., 2011a).



Figura 21: Logo KVM.

En comparación con otras soluciones de virtualización, el punto fuerte de KVM está en que viene “de serie” en todos los GNU/Linux y, por tanto, cualquiera de estas distribuciones pueden implementar esta tecnología. En contrapartida, requiere obligatoriamente de virtualización hardware para poder utilizarse, además de únicamente permitir GNU/Linux en el sistema anfitrión, ya que se trata de un módulo del núcleo Linux.

Actualmente se distribuye bajo licencias GPL y LGPL<sup>8</sup>.

<b>VENTAJAS</b>	Viene integrado en el núcleo de todos los GNU/Linux y su instalación y configuración es muy sencilla. Proporciona una virtualización completa a un muy buen rendimiento.
<b>DESVENTAJAS</b>	Requiere de virtualización hardware para poder funcionar y sólo soporta GNU/Linux en el anfitrión.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

Tabla 9: Principales características de KVM.

### 2.3.5.4. Xen

Software libre de virtualización que da soporte para varios tipos de arquitecturas (entre ellos x86, AMD64, IA64 o ARM). Ofrece paravirtualización de máquinas virtuales con sistemas operativos huéspedes modificados para obtener un alto rendimiento y también logra virtualización completa con sistemas operativos sin modificar si el hardware del anfitrión tiene extensión de virtualización hardware (Intel VT o AMD-V). Se trata de un software que se ejecuta directamente sobre el hardware, con lo que logra mejor rendimiento que las aplicaciones de virtualización sobre sistema operativo.

Xen, inicialmente software libre y desarrollado por la Universidad de Cambridge, fue adquirido por Citrix Systems en 2007 y es la que se encarga de su soporte actualmente (Citrix Systems Inc., 2011).

<sup>8</sup> Lesser General Public License.



Figura 22: Logo Xen.

En comparación con otras soluciones de virtualización, Xen proporciona aislamiento seguro, control de recursos, garantías de calidad y migración de máquinas virtuales en caliente, además de permitir tanto paravirtualización como virtualización completa. En cambio, su instalación y configuración se presentan más complejas que otras herramientas, además de posibles incompatibilidades con algunos controladores.

Actualmente existe una versión más limitada que se distribuye bajo licencia GPL v2 y una solución propietaria con más funcionalidades.

<b>VENTAJAS</b>	Puede virtualizar arquitecturas sin extensión de virtualización hardware. Muy buen rendimiento general y abundante documentación.
<b>DESVENTAJAS</b>	La versión libre está muy limitada y la instalación y la configuración son muy complejas.
<b>COSTE</b>	La versión libre es gratuita y la propietaria se encuentra disponible desde 1000 \$, dependiendo de la versión concreta.

Tabla 10: Principales características de Xen.

### 2.3.5.5. QEMU

QEMU es un emulador y virtualizador genérico de código abierto. Es decir, permite tanto la emulación de arquitecturas distintas a la del anfitrión, como virtualización a través de otro hipervisor como KVM o Xen. Para emular otra arquitectura se basa en la traducción dinámica del código binario de la máquina anfitrión al de la máquina huésped y las capacidades de virtualización, mediante un acelerador (kqemu), junto a algún hipervisor hacen que sea un elemento comúnmente utilizado para la ejecución de máquinas virtuales.

En sus inicios, QEMU era un programa libre pero no se permitía su libre distribución sin autorización explícita. El acelerador para virtualización, inicialmente fue de código cerrado, pero en el año 2007 se liberó el código y actualmente es íntegro software libre. Fabrice Bellard es el desarrollador, tanto de QEMU como de su acelerador (Bellard, 2011).



Figura 23: Logo QEMU.

Comparándolo con otras soluciones de virtualización, QEMU ofrece la posibilidad de probar arquitecturas que incluso no existen implementadas físicamente y su utilización y configuración es muy simple. Sin embargo, el rendimiento que ofrece no es comparable al de otras soluciones como Xen o KVM.

Actualmente se distribuye bajo las licencias GPL y LGPL.

<b>VENTAJAS</b>	Permite emular múltiples arquitecturas, incluyendo arquitecturas que no existen físicamente implementadas y su utilización es muy simple.
<b>DESVENTAJAS</b>	Rendimiento menor que con soluciones de virtualización.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

Tabla 11: Principales características de QEMU.

### 2.3.5.6. Virtual PC

Virtual PC permite la emulación de otros sistemas operativos dentro de máquinas virtuales creadas en sistemas Microsoft Windows. También dispone de soporte para Mac OS X como sistema anfitrión.

Este proyecto fue iniciado por Connectix, junto con Virtual Server y comprado por Microsoft en el año 2003. Actualmente Microsoft es quien se encarga de su soporte (Microsoft Corp., 2011b).



**Figura 24: Logo Virtual PC.**

Con la nueva versión Windows Virtual PC que sustituye a la versión Microsoft Virtual PC 2007, Microsoft da un paso más allá, ofreciendo mejoras como la redirección de los dispositivos USB, impresora o lector de tarjetas. Incluye también la compartición del portapapeles y de una carpeta compartida entre el anfitrión y el huésped. Dispone de un manejo muy simple, aunque únicamente tiene soporte para sistemas huéspedes Microsoft.

Actualmente se distribuye bajo licencia propietaria.

<b>VENTAJAS</b>	Fácil utilización y muy buena integración con los sistemas de Microsoft.
<b>DESVENTAJAS</b>	Rendimiento menor que con soluciones de virtualización y soporte exclusivo para sistemas Microsoft.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

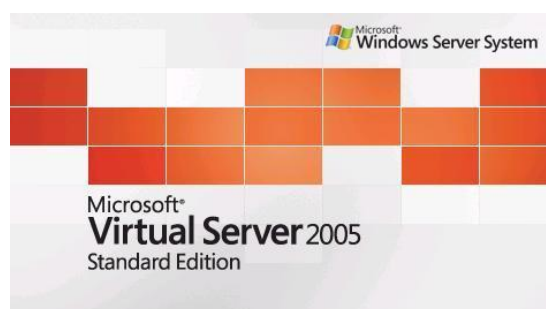
**Tabla 12: Principales características de Virtual PC.**

### **2.3.5.7. Virtual Server**

Virtual Server es una aplicación muy similar a Virtual PC que da soporte para sistemas operativos de la familia Windows. Al igual que Virtual PC, proporciona virtualización completa e incluye como novedad soporte para sistemas GNU/Linux. Como sistema anfitrión permite tanto sistemas Windows como Mac OS X.

Virtual Server tiene la misma procedencia que Virtual PC, fue iniciado por Connectix y comprado por Microsoft en el año 2003. Actualmente Microsoft es quien se encarga de su soporte (Microsoft Corp., 2011c).





**Figura 25: Logo Virtual Server.**

Con respecto a Windows Virtual PC las mejoras residen en aspectos de rendimiento, así como en la inclusión de soporte para sistemas GNU/Linux en las máquinas virtuales. Además, Microsoft ha incluido de forma nativa su nueva versión Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 en los sistemas Windows Server 2008 R2. Igualmente, como diferencia respecto a Windows Virtual PC, la gestión de las máquinas virtuales se realiza vía web mediante el servidor web IIS<sup>9</sup>. El soporte de GNU/Linux, sin embargo, no ofrece un rendimiento demasiado bueno.

Actualmente se distribuye bajo licencia propietaria.

<b>VENTAJAS</b>	Fácil utilización y muy buena integración con los sistemas de Microsoft.
<b>DESVENTAJAS</b>	Rendimiento menor que con soluciones de virtualización en sistemas Windows y peor aún en sistemas GNU/Linux.
<b>COSTE</b>	Gratuito.

**Tabla 13: Principales características de Virtual Server.**

### 2.3.5.8. VMware

Software propietario que proporciona virtualización para arquitecturas x86. Utiliza una capa de software que se instala sobre el hardware para proporcionar un buen rendimiento en las máquinas virtuales. Existen distintas versiones de VMware que funcionan de distinta manera y proporcionan una variedad de soluciones muy amplia para todo tipo de necesidades (proporciona virtualización completa o paravirtualización). En concreto, la principal diferencia entre algunas versiones es que el hipervisor es de diferente tipo y, por tanto, la capa de software de virtualización se sitúa a distinto nivel: directamente sobre el hardware o sobre el sistema operativo.

Todas las soluciones VMware pertenecen y están a cargo de la empresa del mismo nombre, VMware (VMware Inc., 2011).

<sup>9</sup> Internet Information Services. Servidor web para sistemas operativos Windows.



**Figura 26: Logo VMware.**

Comparándolo con otras soluciones de virtualización, VMware ofrece estabilidad, seguridad y un alto rendimiento, especialmente en las soluciones de virtualización completa. En contrapartida, el hecho de ser una solución propietaria hace que las soluciones más baratas sean bastante más limitadas en rendimiento, soporte y funcionalidades. Además de un peor rendimiento en máquinas con hardware antiguo.

Actualmente se distribuye bajo licencia propietaria.

<b>VENTAJAS</b>	Estabilidad, seguridad, alto rendimiento y muy buen soporte.
<b>DESVENTAJAS</b>	Solución propietaria y bajo rendimiento en máquinas con hardware antiguo.
<b>COSTE</b>	Hay versiones gratuitas y en cuanto a versiones de pago existe una amplia gama de precios que pueden ir desde 40 £ hasta más de 5000 £.

**Tabla 14: Principales características de VMware.**

### **2.3.5.9. Parallels**

Parallels proporciona software de virtualización multiplataforma de alto rendimiento. Dispone de distintos productos que utilizan tipos de virtualización diferentes (proporciona virtualización completa o paravirtualización), ofreciendo una amplia gama de soluciones con precios muy variados según las necesidades.

Todas las soluciones Parallels pertenecen y están a cargo de la empresa del mismo nombre, Parallels (Parallels Inc., 2011b).



Figura 27: Logo Parallels.

Parallels ofrece un software muy similar a VMware, las características y el rendimiento resultan casi idénticos aunque la principal diferencia reside en el consumo de recursos, que en Parallels es mayor.

Actualmente se distribuye bajo licencia propietaria.

<b>VENTAJAS</b>	Es escalable y sencillo de utilizar, además de ser multiplataforma y ofrecer un buen soporte.
<b>DESVENTAJAS</b>	Solución propietaria y mayor consumo de recursos respecto a otras soluciones.
<b>COSTE</b>	Existen versiones de prueba y las versiones de pago, los precios pueden ir desde las 80 € hasta más de 1000 €.

Tabla 15: Principales características de Parallels.

# Herramientas para la elaboración del proyecto

---

En este capítulo se realizará una recopilación de las herramientas más interesantes utilizadas durante el desarrollo del proyecto.

Se comentarán las características de dichas herramientas, así como algunas capturas de pantalla sobre su utilización básica.

El conjunto de herramientas está dividido en tres apartados: herramientas de la infraestructura de los servidores, herramientas del entorno de trabajo y herramientas de la infraestructura de los clientes. Puesto que el proyecto trata sobre el desarrollo de una plataforma de virtualización para teletrabajadores, entre estas herramientas habrá herramientas para gestionar los elementos virtualizados, así como herramientas específicas para los servidores que alojan las máquinas virtuales y herramientas para los clientes (teletrabajadores) destinatarios del servicio prestado.

Todas las herramientas utilizadas, a excepción de la utilizada para realizar las pruebas de estrés de las máquinas virtuales que es *freeware*, son de licencia libre, puesto que el desarrollo de este proyecto está a cargo de la Oficina de Software Libre (OSL) de la Universidad Carlos III de Madrid.

## 3.1. Infraestructura de los servidores

Las herramientas para la gestión de la infraestructura de los servidores consisten, principalmente, en un sistema operativo “especial”, en el que se proporciona una plataforma de software libre para la gestión de máquinas virtuales, el propio sistema de virtualización y sus herramientas asociadas, sin las que la plataforma de virtualización no podría funcionar, herramientas de gestión de almacenamiento en red, puesto que en este proyecto se dispone tanto de almacenamiento local como de almacenamiento en red y algunas aplicaciones que servirán para comprobar que el rendimiento de la plataforma es el esperado.

### 3.1.1. Sistema operativo

El sistema operativo utilizado es un sistema GNU/Linux. En concreto, una distribución que se basa en Debian y que proporciona un entorno de virtualización con KVM y con OpenVZ: Proxmox VE (Proxmox Server Solutions GmbH, 2011).



Figura 28: Logo Proxmox.

Esta distribución proporciona una instalación perfectamente optimizada, rápida y sencilla. Además, gracias a las técnicas de virtualización que proporciona, se consigue un alto rendimiento en la ejecución de máquinas virtuales.

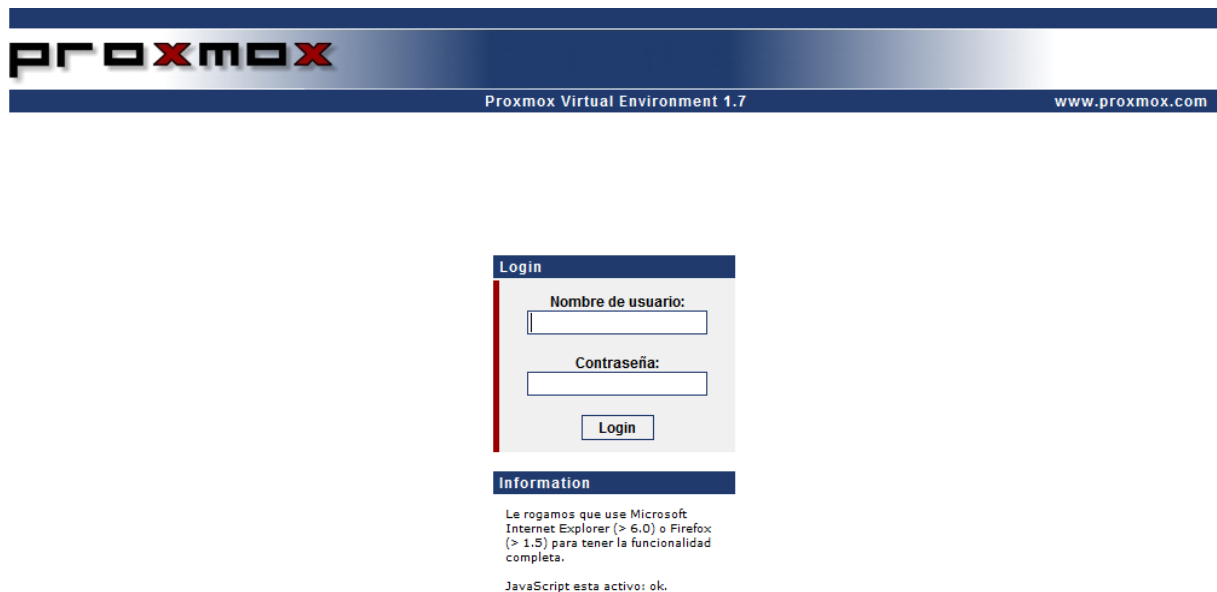
Por otra parte, la gestión de las máquinas virtuales se realiza vía web con una interfaz muy simple y fácil de manejar. Para ello, Proxmox instala y configura el servidor web Apache para servir la infraestructura web que permite esta gestión.

Mediante esta interfaz se pueden crear, modificar y eliminar máquinas virtuales. Se puede configurar distintos destinos de almacenamiento, lo que permite crear las máquinas virtuales en distintas ubicaciones de disco. Se pueden programar tareas de respaldo y se puede gestionar un *cluster* de servidores<sup>10</sup>.

A continuación se muestra una serie de capturas de pantalla de las principales interfaces de Proxmox:

---

<sup>10</sup> Se refiere a un conjunto de servidores que se gestionan como si se tratara de uno sólo.



**Figura 29: Pantalla de inicio de sesión Proxmox.**

En esta *Figura 29* se muestra la pantalla de inicio de sesión que proporciona Proxmox para acceder a las funcionalidades de gestión de las máquinas virtuales.

Ha iniciado la sesión como 'root'

**Proxmox**

Home | Desconectar Proxmox Virtual Environment 1.7 [www.proxmox.com](http://www.proxmox.com)

**Administrador de MV**

- Maquinas Virtuales
- Plantillas de Aplicaciones
- ISO Images

**Configuración**

- Sistema
- Storage
- Respaldo

**Administración**

- Servidor
- Logs
- Cluster

**Proxmox Virtual Environment**

Welcome to the Proxmox Virtual Environment!

For more information please visit our homepage at [www.proxmox.com](http://www.proxmox.com)

Nombre de Host	Dirección IP	Rol	Estado	Tiempo de actividad	Load	CPU	IODelay	Memory	Disk
		Master	active	33 days 14:47	1.08	3%	0%	55%	29%
		Node	active	32 days 17:46	0.93	3%	0%	49%	33%

Local System Status ( ) Online

Tiempo de actividad 04:47:24 up 33 days 14:47, load average: 1.08, 0.95, 0.50

CPU(s) 24 x Intel(R) Xeon(R) CPU X5650 @ 2.67GHz

Utilización de la CPU 3.03%

Retrasos de IO 0.12%

Memoria RAM (31.35GB/17.26GB) 17.26GB

Espacio Swap (31.00GB/335MB) 335MB

Raíz del espacio del disco duro (94.49GB/25.58GB) 25.58GB

Versión (package/version/build) pve-manager/1.7/5470

Version del Kernel Linux 2.6.32-4-pve #1 SMP Wed Dec 15 14:04:31 CET 2010

**Figura 30: Pantalla inicial de Proxmox.**

En la *Figura 30* se muestra la pantalla inicial de Proxmox, en la que se presenta el resumen sobre el estado actual del sistema en cuanto a consumo de recursos.

Ha iniciado la sesión como 'root'

**proxmox**

Home | Desconectar Proxmox Virtual Environment 1.7 www.proxmox.com

**Administrador de MV**

- Maquinas Virtuales
- Plantillas de Aplicaciones
- ISO Images

**Configuración**

- Sistema
- Storage
- Respaldo

**Administración**

- Servidor
- Logs
- Cluster

**Maquinas Virtuales**

Listado Crear Emigrar

Se está ejecutando las Tareas de Mantenimiento

No hay nada para visualizar

Cluster Node: ' ' Online

VMID	Estado	Nombre	Tiempo de actividad	Disco	Memoria	CPU
110	running		31d	20.00GB	1.75GB	0.00%
111	running		31d	20.00GB	1.71GB	0.00%
112	running		31d	20.00GB	1.71GB	0.00%
113	running		31d	20.00GB	1.75GB	0.00%
114	running		31d	20.00GB	1.67GB	0.00%
115	running		31d	20.00GB	1.74GB	0.00%
116	running		31d	20.00GB	1.69GB	0.00%
117	running		31d	20.00GB	1.63GB	0.00%
499	stopped		-	14.66GB		

Cluster Node: ' ' Online

VMID	Estado	Nombre	Tiempo de actividad	Disco	Memoria	CPU
118	running		31d	20.00GB	1.69GB	0.00%
119	running		31d	20.00GB	1.71GB	0.00%
120	running		1d	20.00GB	1.75GB	0.00%
121	running		31d	20.00GB	1.71GB	0.00%
122	running		31d	20.00GB	1.68GB	0.00%
123	running		31d	20.00GB	1.75GB	0.00%
124	running		31d	20.00GB	1.66GB	0.00%
999	stopped		-	3.00GB		

**Figura 31: Pantalla del gestor de máquinas virtuales.**

En la *Figura 31* se muestra la pantalla de gestión de máquinas virtuales que proporciona Proxmox, desde la que se pueden realizar las opciones básicas de encendido, apagado o detención de cada una de las máquinas virtuales.

Ha iniciado la sesión como 'root'

**proxmox**

Home | Desconectar Proxmox Virtual Environment 1.7 www.proxmox.com

**Administrador de MV**

- Maquinas Virtuales
- Plantillas de Aplicaciones
- ISO Images

**Configuración**

- Sistema
- Storage
- Respaldo

**Administración**

- Servidor
- Logs
- Cluster

**Storage**

**Lista de almacenamiento**

Storage Name	Tipo	Permitido	Activo	Compartidos	(GB) empleados	Capacidad (GB)	
local	Directory	Yes	Yes	No	228.83	328.99	69.55%
iSCSI	iSCSI	Yes	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a
LVMiSCSI	LVM	Yes	Yes	Yes	343.98	500.00	68.80%

Figura 32: Pantalla de configuración de almacenamiento.

En la *Figura 32* se presenta la pantalla de configuración del almacenamiento de los discos duros de las máquinas virtuales de Proxmox.

En cuanto a los sistemas de almacenamiento, Proxmox soporta las siguientes combinaciones:

Almacenamiento en red:

- Grupo LVM (conexión mediante nodos iSCSI). Consiste en la utilización de nodos iSCSI remotos, gestionándolos mediante el gestor de volúmenes lógicos LVM (*3.1.4 Sistema de gestión de volúmenes*).
- Nodo iSCSI. Proporciona la definición de un nodo que utiliza el protocolo iSCSI para comunicarse con Proxmox.
- NFS. Consiste en un almacenamiento compartido con el que Proxmox realiza la conexión para gestionar el espacio como si se tratara de un directorio local.
- iSCSI directo. Consiste en la utilización de un nodo iSCSI remoto de manera directa, es decir, gestionando manualmente el sistema de ficheros.

Almacenamiento local:

- Grupo LVM (utilizando dispositivos locales). Consiste en la gestión del almacenamiento local mediante el gestor de volúmenes lógicos LVM (*3.1.4 Sistema de gestión de volúmenes*).
- Directorio (almacenamiento en el sistema de ficheros existente). Consiste en la gestión manual del sistema de ficheros.



El uso de almacenamiento en red que sea visible por distintos nodos con Proxmox, ofrece la posibilidad de la migración de máquinas virtuales de un nodo a otro, incluso en línea (sin apagar la máquina virtual).

Por defecto, Proxmox configura el almacenamiento local en la modalidad de directorio, de forma que cada disco duro virtual creado es tratado como un fichero independiente que pueden tener distintos formatos de imagen (raw, qcow2, etc.), mientras que para el almacenamiento en red iSCSI (que es el que se incluye en este trabajo), se recomienda utilizar LVM para evitar tener que tratar con los aspectos del sistema de ficheros del disco duro en red

### 3.1.2. Sistema de virtualización

El sistema de virtualización utilizado es KVM, el cual viene instalado y configurado con la instalación de Proxmox (Red Hat Inc., 2011a).

Esta técnica de virtualización, tal y como se vio en el *Capítulo II Estado de la cuestión*, es una técnica de virtualización completa que viene integrada en el núcleo de los sistemas GNU/Linux, y que permite disponer de máquinas virtuales completas, proporcionando un alto rendimiento, ya que las máquinas virtuales utilizan directamente el hardware físico en lugar de tener que traducirlo.

Este tipo de virtualización, además, permite la instalación de distintos sistemas operativos sin modificar en las máquinas virtuales.

### 3.1.3. Sistema de almacenamiento

Para el almacenamiento local no es necesaria ninguna herramienta puesto que el propio Proxmox lo deja configurado y provee la interfaz web para crear nuevos almacenamientos locales.

Para el almacenamiento en red mediante iSCSI, Proxmox también proporciona en su interfaz web opciones para su configuración, sin embargo, para que Proxmox, y el sistema en definitiva, detecten el disco duro en red, es necesario utilizar una serie de herramientas para enlazar el servidor con dicho disco duro en red (Open-iSCSI, 2005).

En primer lugar es necesario descubrir los nodos iSCSI remotos.

```
iscsiadm -m discovery -t st -p <IP>
```

Una vez descubiertos los nodos, es necesario validarse en ellos para poder hacer uso de ellos.

```
iscsiadm -m node -l -p <IP>
```

De esta forma se establece el dispositivo o dispositivos en red disponibles como si fueran dispositivos locales para hacer uso de ellos.

Para gestionar el acceso al almacenamiento en red se hace uso de la utilidad *multipath* (Varoqui, 2011).

Esta utilidad permite la comunicación por varios interfaces físicos de red con un dispositivo, en este caso, el almacenamiento en red iSCSI. Se puede utilizar para proporcionar redundancia al acceso a disco o para aumentar el ancho de banda disponible. En este caso, se ha utilizado para lo primero.

La redundancia que proporciona *multipath* permite al sistema conectar con el almacenamiento en red por varios caminos, dos en este caso, de manera que si alguno de los caminos fallara, la integridad del sistema queda asegurada con el otro camino.

Para poder utilizar esta utilidad, el dispositivo iSCSI debe ser accesible por el componente *device-mapper*<sup>11</sup> del sistema, ya que *multipath* trabaja a nivel de dispositivo, el propio dispositivo iSCSI debe soportar el acceso multi-camino y, además, el sistema debe disponer de múltiples conexiones físicas con el dispositivo en cuestión.

Cumpliendo estos requisitos y después de configurar el *multipath*, se consigue algo similar a lo que aparece en la *Figura 33*, de manera que si la interfaz activa fallara, la segunda interfaz entraría en funcionamiento para mantener la integridad del sistema.

```
LUN_SCSI < > dm-3 DGC ,RAID 5
[size=500G][features=1 queue_if_no_path][hwhandler=1 emc]
\_ round-robin 0 [prio=0][active]
\_ : : : sdc : [active][ready]
\_ : : : sdd : [enabled][ready]
```

Figura 33: Multipath

### 3.1.4. Sistema de gestión de volúmenes

Para gestionar el almacenamiento, Proxmox utiliza el gestor de volúmenes lógicos en su versión 2 (LVM, *Logical Volume Manager*), a partir de ahora LVM2, para el núcleo Linux (Red Hat Inc., 2011b).

La gestión de volúmenes lógicos proporciona una vista de alto nivel sobre el almacenamiento en un ordenador, en vez de la tradicional vista de discos y particiones.

Los volúmenes de almacenamiento bajo el control de LVM2 pueden ser redimensionados y movidos a voluntad, aunque esto quizá necesite actualizar las herramientas del sistema.

<sup>11</sup> Se trata de un componente del núcleo de Linux que se encarga de mapear un dispositivo de bloque en otro.

LVM2 también permite la administración en grupos definidos por el usuario, permitiendo al administrador del sistema tratar con nombres de volúmenes más representativos en lugar de nombres de dispositivos físicos como "sda" o "sdb".

Este administrador de volúmenes trabaja a tres niveles:

- Volúmenes físicos (PV *Physical Volumes*).
- Grupos de volúmenes (VG *Volume Groups*).
- Volúmenes lógicos (LV *Logical Volumes*).

Para cada uno de los niveles hay aplicaciones concretas para su gestión que se explicarán más adelante (crear, redimensionar, eliminar, etc.).

En el nivel de volúmenes físicos se configuran las particiones del disco duro o el disco duro al completo. Se pueden configurar distintas particiones físicas de un mismo disco duro como volúmenes físicos de manera que dichos volúmenes pasan a formar parte de la estructura de LVM2 para que otras capas puedan administrarlo como sea necesario.

En el segundo nivel de LVM2, se gestionan los distintos volúmenes físicos explicados anteriormente para poder reunirlos en distintos grupos de volúmenes. Estos grupos de volúmenes proporcionarán una visión de alto nivel sobre el almacenamiento en disco.

Por último, se pueden solicitar pedazos de almacenamiento respecto a algún grupo de volúmenes para funcionar de manera independiente y poder ser gestionado con LVM2 de manera flexible. Por ejemplo, cuando se genera un disco duro de X GB para una máquina virtual en un almacenamiento en red, LVM2 proporciona un volumen lógico de esa capacidad de alguno de los grupos de volúmenes configurado que, físicamente, se almacenará en uno o varios volúmenes físicos.

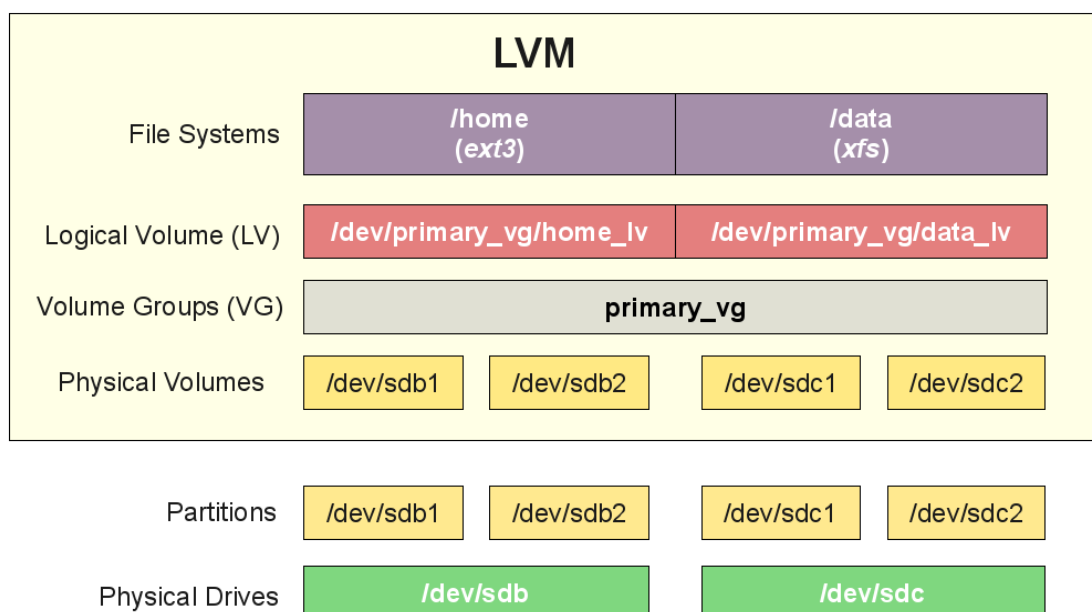


Figura 34: Ejemplo LVM2.

En la *Figura 34* se muestra un ejemplo en el que se dispone de dos dispositivos físicos de almacenamiento `/dev/sdb` y `/dev/sdc`. En estos dispositivos hay configuradas dos particiones en cada uno, `/dev/sdb1` y `/dev/sdb2` en el primero y `/dev/sdc1` y `/dev/sdc2` en el segundo. Cada una de estas particiones es configurada por LVM2 como volúmenes físicos, de manera que pasan a ser gestionadas por LVM2. Con estos volúmenes físicos se configura un único grupo de volúmenes llamado `primary_vg`. Por último, se configuran dos volúmenes lógicos totalmente independientes (`/dev/primary_vg/home_lv` y `/dev/primary_vg/data_lv`) que se pueden formatear con distintos sistemas de ficheros y en los que se pueden montar cualquier ruta (`/home (ext3)` y `/data (xfs)`).

A continuación se recopilan los comandos más interesantes para gestionar cada uno de los niveles:

### 3.1.4.1. Volumen Físico

Se muestra información acerca de los volúmenes físicos. Cualquiera de los siguientes comandos muestra dicha información. `pvdisk` muestra una información algo más extendida que los otros.

```
pvs  
pvscan  
pvdisplay
```

Se inicializa un volumen físico (alguna partición o el disco entero de un dispositivo físico), `<PV_NAME>`, para que LVM2 pueda gestionarlo más adelante.

```
pvcreate <PV_NAME>
```

Se elimina un volumen físico, `<PV_NAME>`, de manera que LVM2 ya no podrá gestionarlo.

```
pvremove <PV_NAME>
```

Se redimensiona un volumen físico, extendiendo o comprimiendo el área de dicho volumen hasta completar el área de la partición física del dispositivo `<PV_NAME>`. Es decir, para redimensionar un volumen físico, se requiere la redimensión de la partición con otras herramientas.

```
pvresize <PV_NAME>
```

### 3.1.4.2. Grupo de Volúmenes

Se muestra información acerca de los grupos de volúmenes. Cualquiera de los siguientes comandos muestra dicha información. *vgdisplay* muestra una información algo más extendida que los otros.

```
vg  
vgscan  
vgdisplay
```

Se activan los volúmenes lógicos que alberga un grupo de volúmenes concreto <VG\_NAME>, de manera que el núcleo los detecta.

```
vgchange -aly <VG_NAME>
```

Se desactivan los volúmenes lógicos que alberga un grupo de volúmenes concreto <VG\_NAME>, de manera que el núcleo deja de detectar cualquier volumen lógico.

```
vgchange -aln <VG_NAME>
```

Se crea un grupo de volúmenes lógicos, <VG\_NAME>, a partir de uno o varios volúmenes físicos inicializados, <PV\_NAME>.

```
vgcreate <VG_NAME> <PV_NAME> [PV_NAME...]
```

Se añade uno o varios volúmenes físicos inicializados, <PV\_NAME>.

```
vgextend <VG_NAME> <PV_NAME> [PV_NAME...]
```

Se elimina uno o varios volúmenes físicos, <PV\_NAME>, asociados a un grupo de volúmenes <VG\_NAME>.

```
vgreduce <VG_NAME> <PV_NAME> [PV_NAME...]
```

Se elimina el grupo de volúmenes <VG\_NAME> y todos los volúmenes lógicos incluidos en éste.

```
vgremove <VG_NAME>
```

Se renombra el grupo de volúmenes <VG\_NAME>, dándole el nuevo nombre <VG\_NAME\_NEW>.

```
vgrename <VG_NAME> <VG_NAME_NEW>
```

### 3.1.4.3. Volumen Lógico

Se muestra información acerca de los volúmenes lógicos. Cualquiera de los siguientes comandos muestra dicha información. *lvdisplay* muestra una información algo más extendida que los otros.

```
lvs  
lvscan  
lvdisplay
```

Se activa el volumen lógico concreto <LV\_NAME>, de manera que el núcleo lo detecta.

```
lvchange -aly <LV_NAME>
```

Se desactiva el volumen lógico concreto <LV\_NAME>, de manera que el núcleo deja de detectarlo.

```
lvchange -aln <LV_NAME>
```

Se crea un volumen lógico, <LV\_NAME>, con un tamaño <LV\_SIZE> en MB, contenido en el grupo de volúmenes <VG\_NAME>.

```
lvcreate -L <LV_SIZE> -n <LV_NAME> <VG_NAME>
```

Se establece el tamaño de un volumen lógico, <LV\_NAME>, al indicado, <LV\_NEW\_SIZE>.

```
lvresize -L <LV_NEW_SIZE> <LV_NAME>
```

Se elimina el volumen lógico <LV\_NAME>.

```
lvremove <LV_NAME>
```

Se eliminan todos los volúmenes lógicos contenidos en el grupo de volúmenes lógicos <VG\_NAME>.

```
lvremove <VG_NAME>
```

Se renombra el volumen lógico <LV\_NAME>, dándole el nuevo nombre <LV\_NAME\_NEW>.

```
lvrename <LV_NAME> <LV_NAME_NEW>
```

### 3.1.5. Aplicaciones de medición de rendimiento

Para medir el rendimiento del servidor en términos de memoria RAM y de CPU, además de la utilización de los discos se utilizan distintas herramientas: *htop* (Muhammad, 2011), *atop* (Atoptool.nl, 2011) e *iostat* (Godard, 2011).

Estas herramientas muestran información acerca del consumo en tiempo real de la memoria RAM y de la memoria de intercambio (SWAP), además del uso de disco y de la CPU. Cualquiera de los siguientes comandos muestra información acerca del uso de disco y de la CPU. Únicamente *iostat* carece de información de memoria RAM y de memoria de intercambio. *htop* muestra una información más gráfica, mientras que *iostat* muestra más información relacionada con discos duros.

```
htop
atop
iostat
```

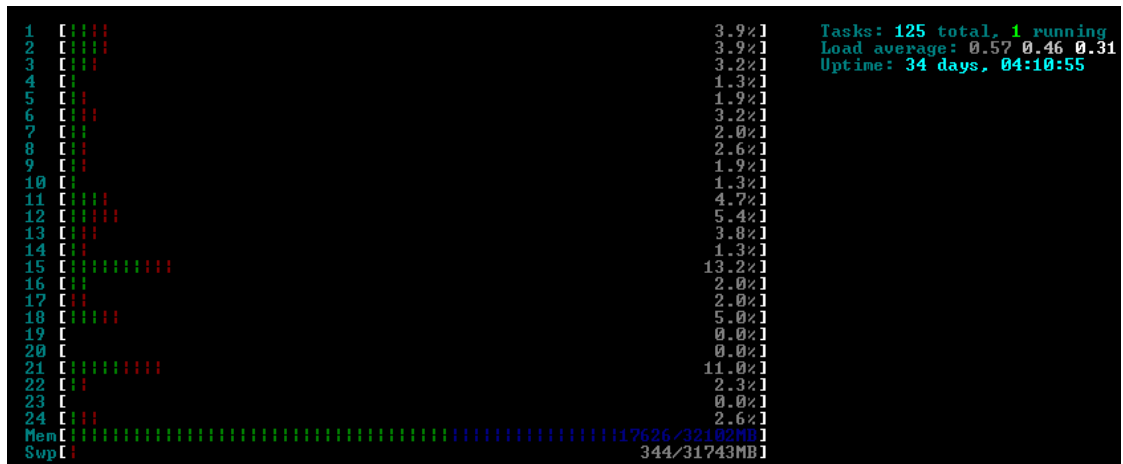


Figura 35: Htop.

Se muestra la información completa de uso de los discos cada <N> segundos.

```
iostat <N>
```

Se muestra la información completa de uso de los discos de manera extendida.

```
iostat -x
```

Se muestra la información completa de uso de los discos indicados.

```
iostat [<DEVICE1> ...]
```

Además de estas herramientas de visualización del uso de recursos, se utiliza una herramienta de *benchmarking* para medir el rendimiento de los discos duros: Bonnie++ (Coker, 2001).

Se utiliza para estresar el disco duro del servidor, indicando el doble del tamaño de la memoria RAM del mismo como tamaño de fichero a escribir en megabytes.

```
bonnie++ -s <TAM_FILE>
```

Con el fin de obtener medidas significativas mediante los programas anteriormente descritos, es necesario realizar un uso intensivo de las máquinas virtuales alojadas en los servidores, es decir, pruebas de estrés. Para ello se ha utilizado un *benchmark freeware* disponible para el sistema Windows XP (sistema que está instalado en las máquinas virtuales): HeavyLoad (JAM Software, 2011).



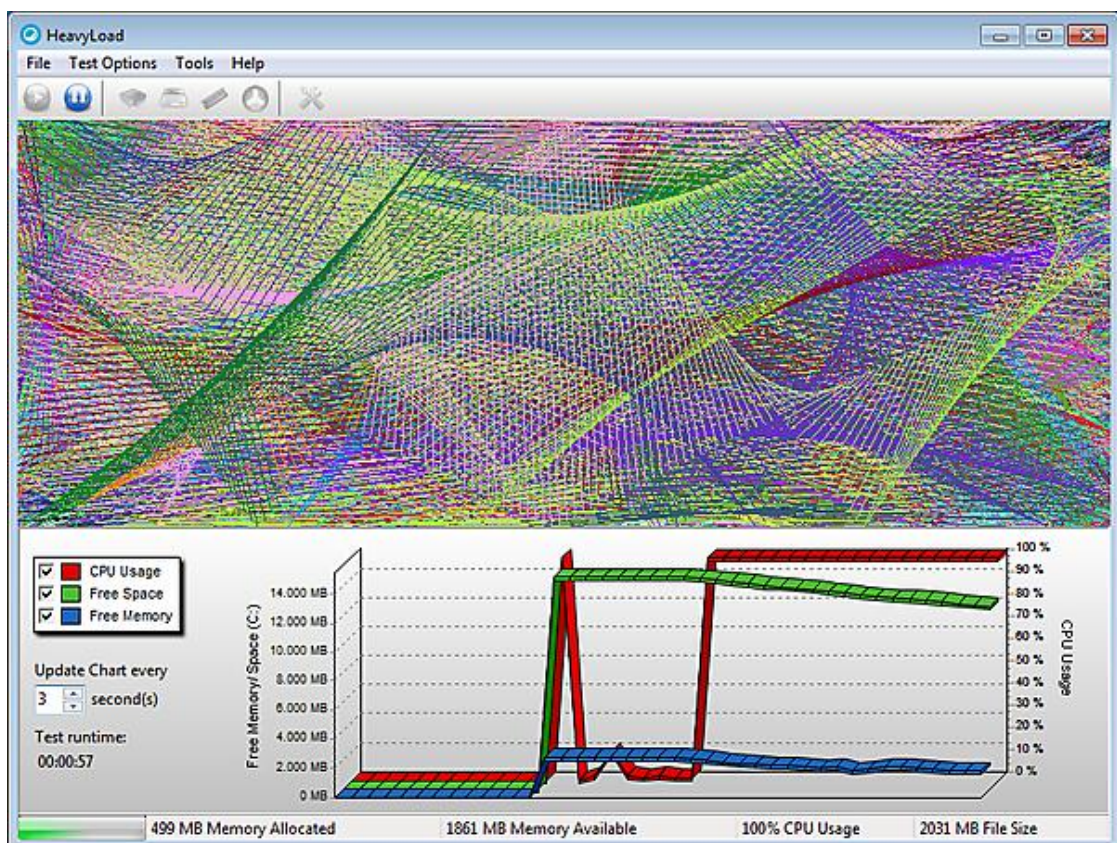


Figura 36: HeavyLoad.

Esta herramienta permite conseguir un uso exhaustivo de la CPU, memoria RAM y disco duro de las máquinas virtuales, proporcionando una situación extrema en los servidores. Es en esta situación en la que se pueden utilizar las herramientas anteriormente descritas para visualizar cuál es el rendimiento del servidor en general.

### 3.1.6. Otras

Otras herramientas interesantes utilizadas en este proyecto son dos herramientas relacionadas con la seguridad: Shorewall y Zabbix.

A continuación se explica brevemente en qué consisten estas herramientas. Dichas herramientas están descritas en profundidad en (González Piedra, 2011), donde se expone la continuación y complemento de este proyecto con las medidas de seguridad tomadas en éste.

#### 3.1.6.1. Shorewall

Shorewall (también conocido como *Shoreline Firewall*) es un *firewall* específico para sistemas operativos Linux que utiliza el *framework* *Netfilter* (más

conocido como *iptables*), únicamente disponible para el núcleo de Linux que permite interceptar y manipular paquetes de red (Eastep, 2011).



Figura 37: Logo Shorewall.

Este *firewall* proporciona un nivel de abstracción más alto para describir las reglas de *firewall*, lo que permite una flexibilidad muy alta a la hora de controlar los accesos al servidor.

Shorewall no funciona como un demonio<sup>12</sup>, si no que se configuran unas reglas en el núcleo que son las que permiten discriminar que conexiones se deben aceptar o no.

El sistema de configuración de Shorewall no cuenta con una interfaz gráfica, sino que se realiza a través de una serie de archivos de configuración muy simples, únicamente texto plano, aunque incluyen diversos comentarios que ayudan a su comprensión y utilización. Existen módulos y paquetes independientes que permiten controlar el tráfico de red o utilizar una interfaz web de control y configuración del *firewall*.

Se trata de un *firewall* especialmente orientado a la protección de servidores y máquinas con mucho tráfico, que necesiten de un control estricto y rígido. Este *firewall* tiene además la posibilidad de establecer ‘zonas’ de la red, habilitando diferentes reglas en función de dicha zona (o del rango de IPs) que se desee controlar y del nivel de permisos que quieran otorgarse.

Así, a pesar de no disponer de un entorno gráfico para su configuración, sin duda Shorewall proporciona muchas facilidades a la hora de obtener una buena configuración de *firewall* utilizando *iptables* por debajo.

### 3.1.6.2. Zabbix

Zabbix es un software de monitorización de código abierto desarrollado por la empresa del mismo nombre y distribuido con licencia GPL. Este software permite vigilar numerosos parámetros de una red, así como la integridad y funcionamiento de todos aquellos servidores y máquinas en las que se haya instalado un cliente que envíe información sobre éstos (Zabbix SIA, 2011).

---

<sup>12</sup> Proceso que se ejecuta en segundo plano.



**Figura 38: Logo Zabbix.**

Este software utiliza un mecanismo flexible de notificación que permite a los usuarios configurar avisos por e-mail basados en alertas para prácticamente cualquier evento, lo que permite una rápida reacción a cualquier problema que surja en las máquinas controladas.

Zabbix ofrece una gran presentación de informes y múltiples posibilidades de visualización de datos basándose en los datos almacenados, lo que hace a este software ideal para la planificación y el control de los recursos disponibles.

Se puede acceder a todos los datos, informes y estadísticas a través de una interfaz web, pudiendo evaluarse la situación de redes y máquinas desde cualquier ubicación, permitiendo que Zabbix suponga una gran ayuda en la supervisión de una estructura relativamente grande de terminales y servidores.

Algunas de las funcionalidades que Zabbix ofrece son:

- Cobertura de servidores, máquinas y dispositivos de red.
- Monitoreo centralizado mediante administración web.
- Pueden monitorizarse máquinas de diversos sistemas operativos, ya que existen clientes para GNU/Linux, Windows, Unix, etc. El servidor está disponible únicamente para sistemas Unix.
- Autenticación de usuarios, flexible con los permisos individuales.
- Interfaz basada en web.
- Notificación configurable de eventos predefinidos mediante e-mail.
- Seguimiento de alto nivel para los recursos disponibles.
- Almacenamiento de los datos en una base de datos relacional.
- Monitoreo de aplicaciones web; HTTP y HTTPS son compatibles.
- Representación gráfica de la información obtenida y posibilidad de crear mapas de red (*Figura 39*).

Zabbix tiene una curva baja de aprendizaje, y mediante una configuración muy sencilla es capaz de cubrir muchos aspectos de la seguridad informática de una entidad relativamente grande.

Para disfrutar de todas estas ventajas, se instala un cliente de Zabbix en cada servidor de teletrabajo, de manera que puedan ser monitorizados.

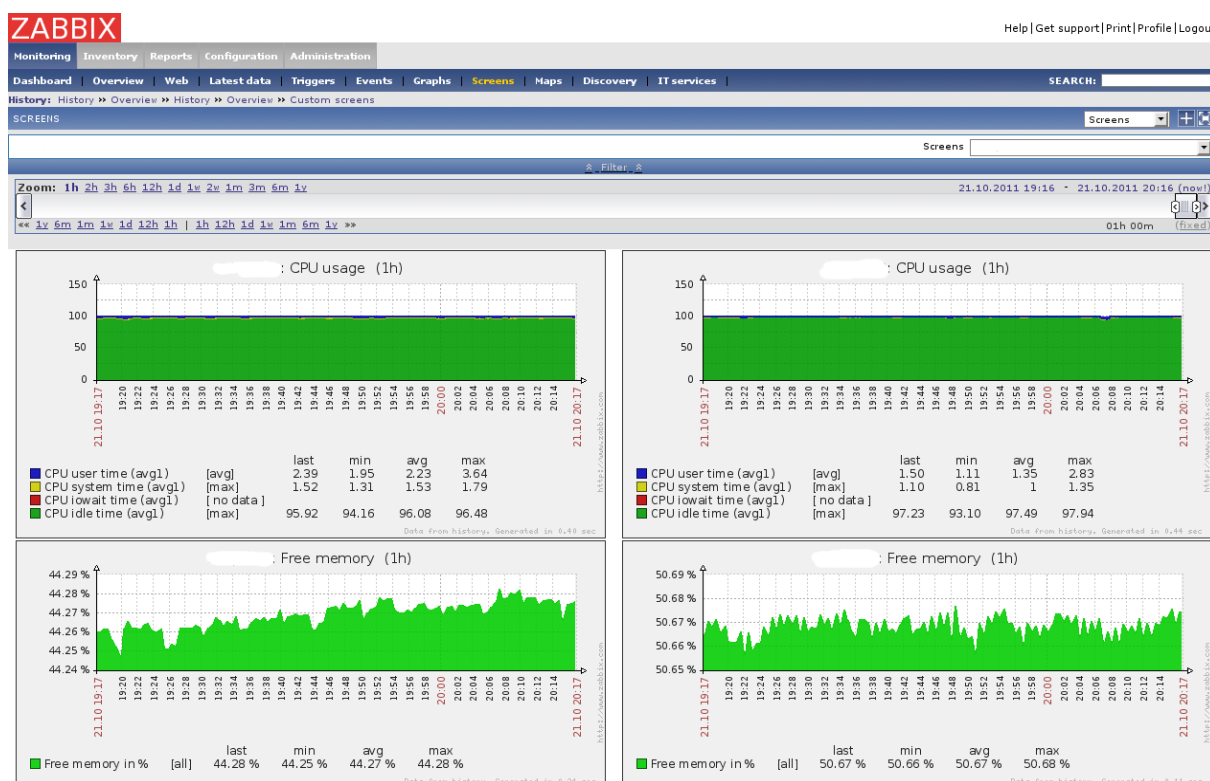


Figura 39: Gráficos de Zabbix.

## 3.2. Herramientas de gestión desarrolladas

Puesto que el sistema Proxmox no proporciona toda la funcionalidad requerida por este proyecto, con el objetivo de completarlo, se han desarrollado un conjunto de herramientas que facilitan la gestión de conjuntos de máquinas virtuales y aportan otras funcionalidades nuevas como la clonación de máquinas virtuales o la eliminación de dispositivos LVM2 obsoletos.

Para este desarrollo, en primer lugar, se ha tenido en cuenta el entorno en el que se encuentra el sistema. Como se comenta en el apartado 3.1.1 *Sistema operativo*, el sistema de los servidores es GNU/Linux y dentro de este marco, el entorno de trabajo se desarrolla bajo la aplicación *bash* (Bourne-Again SHell) (Free Software Foundation, 2011a).

Esta aplicación es un intérprete de comandos basado y compatible con la *shell* de Unix, desarrollado por el proyecto GNU y es el intérprete de comandos por defecto de la mayoría de las distribuciones GNU/Linux.

Así, se han desarrollado una serie de ficheros con lenguaje de programación interpretado (*scripts*) para ejecutar sobre este entorno y así, facilitar la gestión de las máquinas virtuales. Son los siguientes:

### 3.2.1. Clonación de máquinas virtuales

Se realiza una copia de la máquina virtual <VMIDMaquinaOriginal> y se coloca en un directorio temporal (*/var/lib/vz/vztmp*). Se duplica dicha máquina hasta conseguir <NumTotalMaquinas> de máquinas virtuales totales. Por último, se inician todas las máquinas duplicadas y la máquina original. Si no se indica el valor <NumTotalMaquinas>, se asume un 2, es decir, se creará una única copia de la máquina original. El *script* concreto se puede consultar en el apartado 8.1 Anexo I: *Script de clonación de máquinas virtuales*.

```
vmclon <VMIDMaquinaOriginal> [<NumTotalMaquinas>]
```

### 3.2.2. Gestión de máquinas virtuales

Se inician todas las máquinas virtuales comprendidas entre la <MAQ\_INICIO> y la <MAQ\_FIN>. El *script* concreto se puede consultar en el apartado 8.2 Anexo II: *Script de gestión de máquinas virtuales*.

```
vmmanagement start <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]
```

Se detienen de manera abrupta todas las máquinas virtuales comprendidas entre la <MAQ\_INICIO> y la <MAQ\_FIN>.

```
vmmanagement stop <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]
```

Se apagan de manera segura todas las máquinas virtuales comprendidas entre la <MAQ\_INICIO> y la <MAQ\_FIN>.

```
vmmanagement shutdown <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]
```

Se eliminan todas las máquinas virtuales comprendidas entre la <MAQ\_INICIO> y la <MAQ\_FIN>.

```
vmmanagement destroy <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]
```

### 3.2.3. Limpieza de dispositivos LVM2

En Proxmox existe una deficiencia cuando se tienen configurados varios nodos en *cluster*. Cuando se crea un dispositivo en LVM2 desde alguno de los nodos, en el resto se actualiza y se genera dicho dispositivo. Sin embargo, cuando se elimina una máquina virtual, se eliminan todos sus discos pero solo del nodo desde el que se elimina la máquina. En el resto de nodos del *cluster* se mantiene el dispositivo, aunque éste ya no exista realmente. Esto puede producir incoherencias. Para evitar esto, mediante esta utilidad se limpia la referencia de los discos utilizados por la máquina <VMIDMaquina> si dicha máquina ya no existe. El *script* concreto se puede consultar en el apartado 8.3 Anexo III: *Script de limpieza de dispositivos LVM2*.

```
vmcleandisk <VMIDMaquina>
```

## 3.3. Infraestructura de los clientes

La infraestructura de cada cliente consiste en una máquina virtual con un sistema operativo Windows XP instalado y sobre el que se ha habilitado el servidor RDP (*Remote Desktop Protocol*) que tiene preinstalado. De esta manera, los teletrabajadores utilizarán la red para conectarse, mediante un cliente RDP, a sus máquinas virtuales.

RDP es un protocolo propietario desarrollado por Microsoft que permite la comunicación en la ejecución de una aplicación entre un terminal (mostrando la información procesada que recibe del servidor) y un servidor Windows (recibiendo la información dada por el usuario en el terminal mediante el ratón o el teclado). Este protocolo está diseñado para soportar distintos tipos de tecnologías de red y múltiples protocolos LAN.

Las principales características de este protocolo son las siguientes:

- Cifrado. RDP utiliza el algoritmo criptográfico RC4 de la RSA Security, un cifrado de flujo diseñado para cifrar eficientemente pequeñas cantidades de datos. RC4 está diseñado para proteger las comunicaciones a través de la red. A partir de Windows 2000, los administradores pueden configurar este algoritmo para que utilice una clave de 56 o 128 bits.
- Baja necesidad de ancho de banda. RDP soporta varios mecanismos para reducir la cantidad de datos a transmitir a través de la conexión de red. Estos mecanismos incluyen compresión, almacenamiento en caché persistente de mapa de bits y memoria caché de glifos y fragmentos en memoria RAM. El caché de mapa de bits persistente puede proporcionar una mejora sustancial en el rendimiento de las conexiones de ancho de banda limitado, especialmente cuando se ejecutan aplicaciones que hacen uso intensivo de mapa de bits grandes.
- Desconexión itinerante. Cuando ocurre algún error con la conexión o el usuario se desconecta del equipo sin cerrar sesión, ésta se mantiene

abierta para que el usuario pueda retomarla la próxima vez que se conecte.

- Mapeo de portapapeles. Se puede copiar y pegar tanto texto como imágenes entre el ordenador local y la sesión remota por RDP.
- Redirección de impresión. Los usuarios conectados a una sesión de RDP pueden imprimir trabajos en la impresora del equipo local.
- Canales virtuales. Usando la arquitectura de canal virtual de RDP, las aplicaciones existentes o nuevas aplicaciones pueden desarrollar nuevas funcionalidades que requieran de comunicaciones entre un cliente y una aplicación que ejecute en su sesión remota por RDP.
- Asistencia remota. El soporte técnico puede conectarse mediante RDP para visualizar o controlar el sistema con el fin de diagnosticar y resolver algunos problemas remotamente.
- Balanceo de carga de red. RDP tiene en cuenta el balanceo de carga de la red cuando éste está disponible.
- Varias configuraciones de colores. RDP soporta desde los 8 bits de colores hasta los 32 bits.
- Acoplamiento de teclado. Se permite las combinaciones de teclado en la sesión remota cuando se está en el modo de pantalla completa.
- Redirección de puertos y sonido. Se puede escuchar en local el sonido que ocurre en la sesión remota, así como los dispositivos conectados en la máquina local son visibles desde la máquina remota y pueden ser utilizados.

Por tanto, los clientes necesitan tener disponible un cliente RDP para poder conectarse a sus respectivas máquinas virtuales en sus ordenadores. Este cliente RDP puede ser el propio de Microsoft Windows (si el trabajador utilizar este sistema en su ordenador) o cualquier otra aplicación que lo soporte como Remmina<sup>13</sup> para el caso de GNU/Linux.

Además, como se comenta en el apartado 4.5.2.3 *Configuración de seguridad*, por motivos de seguridad, el acceso a estas máquinas virtuales únicamente está permitido al puerto del servidor RDP y únicamente desde una dirección IP del dominio de la Universidad Carlos III de Madrid. Por ello, para poder conectarse cumpliendo estas condiciones desde sus casas, los trabajadores deben utilizar la conexión VPN (*Virtual Private Network*) que la propia Universidad proporciona a todos los miembros de su comunidad que disponen de una cuenta de acceso al correo electrónico de la UC3M. Esta tecnología proporciona la posibilidad de enlazar virtualmente a cualquier equipo, que disponga de la información de autenticación necesaria, con una empresa o institución (en este caso con la UC3M), de manera que se le asigna una dirección IP del dominio en cuestión, la cual se comparte con la dirección IP que ya disponía el equipo con su proveedor de Internet.

---

<sup>13</sup> Aplicación de software libre que proporciona acceso de escritorio remoto siguiendo distintos protocolos como RDP o VNC.

Toda la información que trabajadores deben conocer acerca de la configuración de esta tecnología la tienen disponible en (UC3M: ASyC, 2011).



# Desarrollo del proyecto

---

En los capítulos anteriores se ha proporcionado una visión global del contexto del proyecto, así como las herramientas que se utilizan en éste. Teniendo el contexto claro, en este capítulo se expone el proceso de desarrollo del proyecto.

Primeramente se determinará el ciclo de vida que se sigue en el proyecto, además de una descripción del desarrollo global seguido para obtener la solución final.

Seguidamente se establecerán una serie de funcionalidades que debe tener la plataforma de virtualización, con el objetivo de realizar la extracción de requisitos que se deben cumplir a la finalización del proyecto.

Con la especificación de requisitos realizada, se decide qué tipo de virtualización es la más adecuada a utilizar, según las necesidades del proyecto y, por tanto, se escoge la solución pertinente.

A continuación se expondrá el diseño seguido en cuanto a la infraestructura hardware y la infraestructura software, además de otros aspectos de diseño más detallado también importantes.

Después se detallará el proceso de implantación, necesario para la instalación del conjunto del sistema de virtualización y todas las máquinas virtuales. Este proceso debe ser tal, que una vez finalizado, las máquinas virtuales estarán dispuestas para su utilización.

Seguidamente, se describirán las pruebas realizadas al sistema para comprobar su correcta funcionalidad.

Posteriormente, se indicará los procesos de mantenimiento llevados a cabo en la fase de producción del sistema.

Por último, se detallará la planificación final seguida a lo largo del presente proyecto, así como un resumen de los costes que ha tenido este desarrollo.

## 4.1. Fase inicial

En esta fase inicial se describe el ciclo de vida utilizado, además de una descripción general del desarrollo seguido.

Teniendo en cuenta las características del proyecto se ha cogido como base un ciclo de vida en cascada, ya que es el modelo que se ajusta a las necesidades del proyecto y a la forma de trabajar que se desea adoptar.

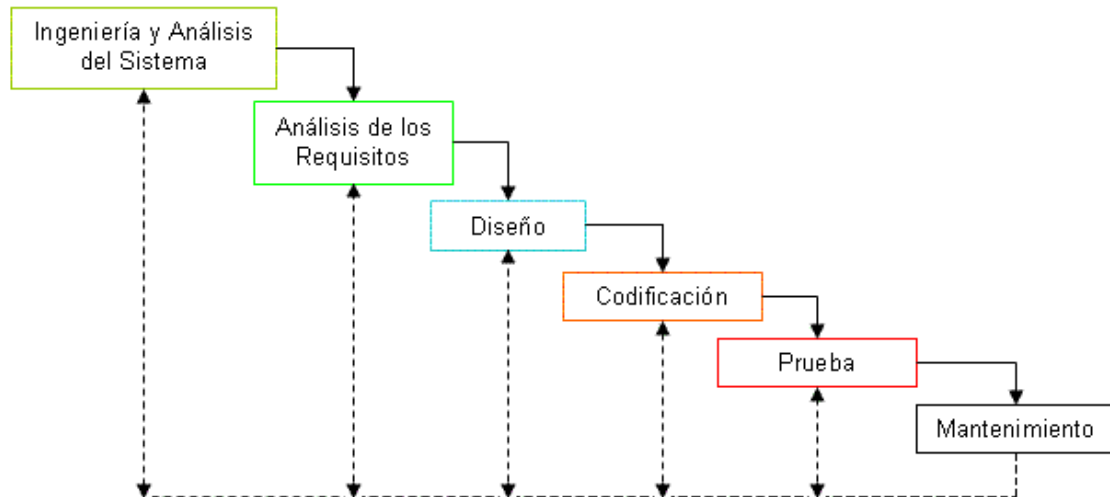


Figura 40: Ciclo de vida en cascada.

La elección de este ciclo de vida viene motivada porque resulta un modelo muy simple, que permite detectar errores en el proceso y poder volver atrás para corregir los fallos que se vayan encontrando.

Siguiendo el modelo en cascada, el proceso de desarrollo comenzará por el análisis de las funcionalidades que requiere el sistema, de manera que se puedan extraer los requisitos del mismo.

Una vez definidos los requisitos, iniciando la fase de diseño, se realizará un análisis de las distintas alternativas de virtualización disponibles para escoger la que mejor se adecúe a los requisitos del proyecto. Conjuntamente con esta decisión, deberá tomarse la del sistema a escoger (Microsoft Windows, GNU/Linux, etc.).

El siguiente aspecto a analizar será la elección de un *front-end*<sup>14</sup> que ofrezca el mayor número de herramientas para gestionar las máquinas virtuales y, por tanto, resuelvan el máximo número de requisitos del proyecto. Una vez escogida la herramienta adecuada, habrá que evaluar los requisitos que no han quedado cubiertos y buscar las herramientas adecuadas para cubrirlos.

Después de seleccionar estas herramientas, se realizará el diseño de la arquitectura del sistema, donde se establecerán los componentes, tanto hardware como software, que se necesitan para el cumplimiento de los requisitos.

Seguidamente se detallará el funcionamiento que debe tener el sistema en cuanto a las capas de virtualización, gestión de discos y gestión de máquinas virtuales.

<sup>14</sup> Parte del software que interactúa con el usuario.

Después, se procederá a la implantación del sistema de virtualización y las máquinas virtuales siguiendo los detalles descritos en las fases anteriores para asegurar un correcto funcionamiento.

1. Se instalará el sistema junto con la plataforma de virtualización escogida.
2. Se configurará el sistema instalado con el fin de garantizar un rendimiento adecuado a los requisitos (red, *cluster*, *firewall*).
3. Se configurará el almacenamiento en red disponible para mejorar el funcionamiento de la plataforma en *cluster*.
4. Se configurará una primera máquina virtual inicial con los recursos estimados que tendrán las máquinas virtuales finales, además de la instalación de aplicaciones básicas como suites ofimáticas, navegadores web o aplicaciones de compresión de archivos.
5. Se realizarán pruebas de rendimiento para comprobar las capacidades del sistema en cuanto a número de máquinas virtuales.
6. La comisión de teletrabajo realizará una convocatoria de selección de teletrabajadores y, seguidamente, el CAU, en colaboración con la OSL, se encargará de la adaptación de la máquina virtual inicial a los requisitos de los teletrabajadores seleccionados mediante la instalación y configuración de aplicaciones específicas, que servirá como plantilla a la hora de generar las máquinas virtuales para cada uno de los teletrabajadores.
7. Una vez cerrada la convocatoria de teletrabajadores y configurada la máquina virtual inicial, se clonarán las máquinas virtuales necesarias y se realizará su configuración personalizada para cada máquina virtual.
8. Se realizará una configuración personalizada para cada máquina virtual, además de distintas pruebas de seguridad, monitorización, proceso de *backups* y migración de máquinas virtuales entre servidores.

Una vez terminada la distribución y configuración de máquinas virtuales de los teletrabajadores, se pasará a la fase de producción, momento a partir del cual se realizará un seguimiento para proporcionar el soporte que requieran los teletrabajadores y solventar eventuales errores. Para facilitar este proceso de mantenimiento, se dispondrá de un sistema de monitorización que proporciona alertas para minimizar el tiempo de respuesta ante posibles fallos.

## 4.2. Análisis del sistema

Para poder llevar a cabo el correcto desarrollo del proyecto, es preciso establecer las necesidades del mismo; es decir, los requisitos del proyecto. A través de esta especificación de objetivos a alcanzar y funcionalidades y restricciones que el producto final debe cumplir, se podrá tener más claro el recorrido que se debe llevar a cabo para llegar a estas metas.

Con el fin de obtener una definición más clara del sistema que se va a desarrollar, a continuación se definirá y detallará la especificación de los diagramas de casos de uso del sistema. Esta técnica permitirá realizar una extracción de requisitos funcionales de manera más sencilla.

Además de los requisitos funcionales, el proyecto deberá tener en cuenta los siguientes requisitos no funcionales, derivados del contexto de desarrollo e implantación:

- Seguridad. Puesto que se trata de un servicio proporcionado a personal de la UC3M y que, por tanto, la información que se transmita no tiene carácter público, es necesario garantizar al máximo la privacidad de las conexiones realizadas por los teletrabajadores.
- Fiabilidad. Para que la experiencia del teletrabajo sea satisfactoria, habrá que tener especial cuidado en la fiabilidad del sistema, es decir, que el sistema incurra en el menor número de errores posibles.
- Disponibilidad. Una de las ventajas del teletrabajo es la independencia horaria para el teletrabajador, por tanto, la plataforma deberá estar preparada para mantener la disponibilidad de las máquinas virtuales el máximo tiempo posible.
- Rendimiento. El sistema debe proporcionar un rendimiento aceptable en las máquinas virtuales, esto es, que permita trabajar de forma fluida con cualquiera de las aplicaciones instaladas en el cliente.
- Escalabilidad. El sistema debe estar preparado para futuras ampliaciones.
- Software libre. El sistema debe estar basado en software libre puesto que se trata de un proyecto a cargo de la Oficina de Software Libre de la UC3M, y con el objetivo de minimizar costes y ofrecer una solución que no quede condicionada por ningún distribuidor o fabricante de software.

En primer lugar, se mostrará el diagrama de casos de uso, donde se mostrarán todos los actores y casos de uso que forman parte del sistema. A continuación, se realizará la descripción detallada de las características de cada uno de los casos de uso anteriormente citados.

### 4.2.1. Diagramas de casos de uso

Los diagramas de casos de uso están realizados siguiendo la especificación UML (*Unified Modeling Language*), la cual proporciona una manera unificada, sencilla y clara de representación (Object Management Group Inc., 2011).

En la *Figura 41* se ilustran la totalidad de casos de uso, así como los actores que interactúan con el sistema. De éstos, se debe tener en cuenta que los casos de uso *CU 2* y *CU 3* se dividirán, a su vez, en más casos de uso y que éstos no han sido representados directamente para tener una mayor claridad en el diagrama. Además, los casos de uso que se encuentran sombreados no serán cubiertos en el presente proyecto. Éstos podrán consultarse en el proyecto de fin de carrera que ofrece la continuación a éste (González Piedra, 2011).

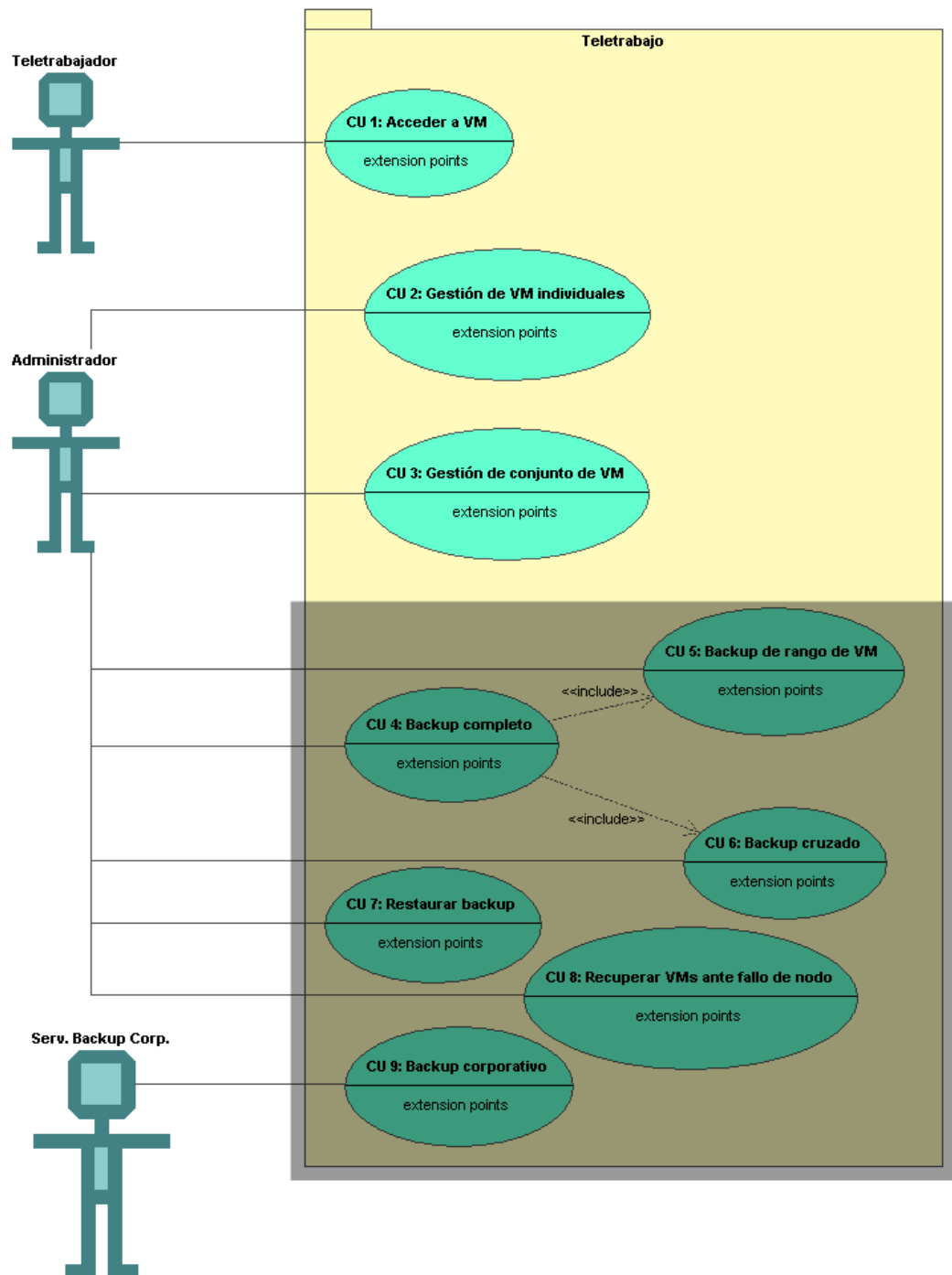


Figura 41: Casos de uso.

Como puede observarse, existen tres actores: Teletrabajador, Administrador y Serv. Backup Corp. El actor principal es el Administrador del sistema, quien deberá encargarse tanto de la gestión de las máquinas virtuales, como de las tareas de mantenimiento como la realización de copias de seguridad. El actor Teletrabajador únicamente tendrá la posibilidad de acceder a su máquina virtual para poder trabajar

en ella. Por último, el actor Serv. Backup Corp. representa al servicio de *Backup Corporativo* que ofrece la Universidad Carlos III de Madrid al Servicio de Informática, al cual pertenece la Oficina de Software libre, en la que se enmarca el presente proyecto.

Identificador: CU 1	
Nombre:	Acceder a VM.
Actores:	Teletrabajador.
Objetivo:	El teletrabajador puede acceder a su máquina virtual, alojada en el sistema para desempeñar su trabajo.
Precondiciones:	El teletrabajador tiene una conexión a internet configurada y funcionando.
Postcondiciones:	-
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El teletrabajador accede a la pantalla de conexión de escritorio remoto.</li> <li>2. El teletrabajador introduce el nombre o la dirección IP de su máquina virtual.</li> <li>3. El teletrabajador inicia la conexión con su máquina virtual.</li> <li>4. El teletrabajador introduce sus datos de acceso a la máquina virtual para iniciar sesión.</li> <li>5. El teletrabajador accede a su máquina virtual.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>2a. El teletrabajador introduce un nombre o dirección IP de máquina virtual errónea o se produce un error en la red.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se puede producir la conexión con la máquina virtual.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>4a. El teletrabajador introduce sus datos de inicio de sesión en la máquina virtual de manera errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se puede iniciar sesión en la máquina virtual.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 16: Definición del caso de uso CU 1.

Identificador: CU 2	
Nombre:	Gestión de VM individuales.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Gestionar las máquinas virtuales de manera individual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	-

Identificador: CU 2	
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li><li>2. El administrador selecciona una máquina virtual concreta.</li><li>3. El administrador efectúa una operación sobre esta máquina virtual.</li><li>4. La acción requerida por el administrador sobre la máquina virtual ha sido efectuada con éxito.</li></ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. La acción termina con error.</li><li>2. Volver al paso 1.</li></ol> <p>3b. El administrador efectúa una operación inválida sobre la máquina virtual seleccionada debido a su estado actual.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. La acción termina con error.</li><li>2. Volver al paso 1.</li></ol>

Tabla 17: Definición del caso de uso CU 2.

El caso de uso anterior, como se ha comentado anteriormente, es un caso de uso que engloba a varios casos de uso.

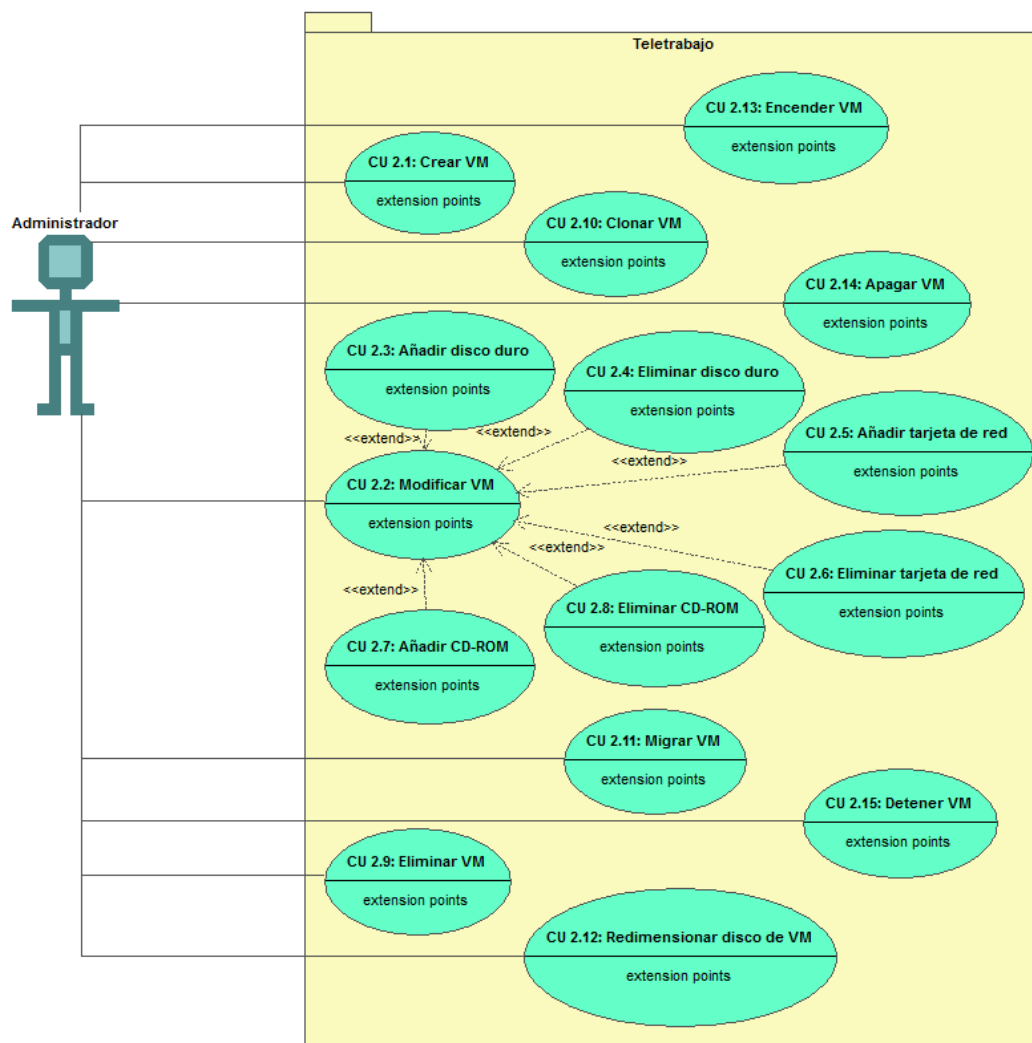


Figura 42: Casos de uso contenidos en el CU 2.

Identificador: CU 2.1	
Nombre:	Crear VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Crear una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	Se ha creado una máquina virtual nueva.



Identificador: CU 2.1	
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de creación de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona una serie de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tamaño de disco duro a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tipo de almacenamiento del disco duro.</li> <li>- Tipo de tarjeta de red a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Nodo en el que almacenar la máquina virtual.</li> <li>- Medio a utilizar para la instalación del sistema operativo.</li> </ul> </li> <li>3. El administrador efectúa la operación de crear máquina virtual.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador no introduce algún dato obligatorio o introduce algún dato erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 18: Definición del caso de uso CU 2.1.

Identificador: CU 2.2	
Nombre:	Modificar VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Modificar una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual queda modificada.

Identificador: CU 2.2	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador modifica los parámetros que necesite de entre los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Medio a utilizar para la instalación del sistema operativo.</li> <li>- Orden de arranque de dispositivos de la máquina virtual.</li> </ul> </li> <li>5. El administrador efectúa la operación de modificar máquina virtual.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador modifica algún dato de manera errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 19: Definición del caso de uso CU 2.2.

Identificador: CU 2.3	
<b>Nombre:</b>	Añadir disco duro.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Añadir un disco duro a una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda con un disco duro más.

Identificador: CU 2.3	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador accede a la pantalla de inserción de un disco duro de la máquina virtual a modificar.</li> <li>5. El administrador indica los siguientes parámetros: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño del disco duro.</li> <li>- Tipo de almacenamiento.</li> </ul> </li> <li>6. El administrador efectúa la operación de inserción de un disco duro a la máquina virtual.</li> <li>7. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>6a. El administrador inserta algún dato de manera errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 4.</li> </ol>

Tabla 20: Definición del caso de uso CU 2.3.

Identificador: CU 2.4	
<b>Nombre:</b>	Eliminar disco duro.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Eliminar un disco duro de una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda con un disco duro menos.

Identificador: CU 2.4	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador selecciona el disco duro a eliminar.</li> <li>5. El administrador efectúa la operación de eliminar un disco duro de la máquina virtual.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge un disco duro erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 21: Definición del caso de uso CU 2.4.

Identificador: CU 2.5	
<b>Nombre:</b>	Añadir tarjeta de red.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Añadir una tarjeta de red a una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda con una tarjeta de red más.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador accede a la pantalla de inserción de una tarjeta de red a la máquina virtual a modificar</li> <li>5. El administrador indica el tipo de tarjeta de red a insertar.</li> <li>6. El administrador efectúa la operación de inserción de una tarjeta de red a la máquina virtual.</li> <li>7. Terminar.</li> </ol>

Identificador: CU 2.5	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>6a. El administrador indica un tipo de tarjeta de red erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 4.</li> </ol>

Tabla 22: Definición del caso de uso CU 2.5.

Identificador: CU 2.6	
Nombre:	Eliminar tarjeta de red.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Eliminar una tarjeta de red de una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual queda con una tarjeta de red menos.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador selecciona la tarjeta de red a eliminar.</li> <li>5. El administrador efectúa la operación de eliminar una tarjeta de red.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge una tarjeta de red errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 23: Definición del caso de uso CU 2.6.

Identificador: CU 2.7	
Nombre:	Añadir dispositivo extraíble.

Identificador: CU 2.7	
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Añadir un dispositivo extraíble a una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda con un dispositivo extraíble más.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador accede a la pantalla de inserción de un dispositivo extraíble de la máquina virtual a modificar.</li> <li>5. El administrador indica el tipo de medio a montar en el dispositivo extraíble.</li> <li>6. El administrador efectúa la operación de modificar máquina virtual.</li> <li>7. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>6a. El administrador indica un medio a montar en el dispositivo extraíble de manera errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 4.</li> </ol>

Tabla 24: Definición del caso de uso CU 2.7.

Identificador: CU 2.8	
<b>Nombre:</b>	Eliminar dispositivo extraíble.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Eliminar un dispositivo extraíble de una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda con un dispositivo extraíble menos.

Identificador: CU 2.8	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a modificar.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador selecciona el dispositivo extraíble a eliminar.</li> <li>5. El administrador efectúa la operación de modificar máquina virtual.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge un dispositivo extraíble erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 25: Definición del caso de uso CU 2.8.

Identificador: CU 2.9	
<b>Nombre:</b>	Eliminar VM.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Eliminar una máquina virtual.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	La máquina virtual queda eliminada.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a eliminar.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de eliminar máquina virtual.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 26: Definición del caso de uso CU 2.9.

Identificador: CU 2.10	
Nombre:	Clonar VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Clonar una máquina virtual a partir de otra.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	Aparece una nueva máquina virtual idéntica a la de origen.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona una máquina virtual.</li> <li>3. El administrador efectúa la clonación de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 27: Definición del caso de uso CU 2.10.

Identificador: CU 2.11	
Nombre:	Migrar VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Migrar una máquina virtual de un nodo a otro.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual desaparece del nodo origen y aparece en el nodo destino.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona una máquina virtual.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de migración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador selecciona el nodo de destino de la máquina virtual.</li> <li>5. El administrador efectúa la migración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>



Identificador: CU 2.11	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge un nodo inválido.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 28: Definición del caso de uso CU 2.11.

Identificador: CU 2.12	
Nombre:	Redimensionar disco de VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Redimensionar el disco duro de una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	El disco duro de la máquina virtual queda redimensionado.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador escoge una máquina virtual.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de configuración de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador escoge un disco duro de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>5. El administrador accede a la pantalla de edición del disco duro seleccionado.</li> <li>6. El administrador establece el nuevo tamaño del disco duro.</li> <li>7. El administrador efectúa la operación de redimensionado del disco duro de la máquina virtual.</li> <li>8. Terminar.</li> </ol>

Identificador: CU 2.12	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge un disco duro erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol> <p>7a. El administrador introduce el nuevo tamaño del disco duro de manera errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 5.</li> </ol>

Tabla 29: Definición del caso de uso CU 2.12.

Identificador: CU 2.13	
Nombre:	Encender VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Encender una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual queda encendida.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a encender.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de arranque de la máquina virtual.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 30: Definición del caso de uso CU 2.13.

Identificador: CU 2.14	
Nombre:	Apagar VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Apagar una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual recibe la orden de ser apagada.

Identificador: CU 2.14	
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a apagar.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de apagado de la máquina virtual.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 31: Definición del caso de uso CU 2.14.

Identificador: CU 2.15	
Nombre:	Detener VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Detener una máquina virtual.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	La máquina virtual queda detenida.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona la máquina virtual a detener.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de detención de la máquina virtual.</li> <li>4. Terminar</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 32: Definición del caso de uso CU 2.15.

Identificador: CU 3	
Nombre:	Gestión de conjunto de VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Gestionar un conjunto de máquinas virtuales simultáneamente.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	-

Identificador: CU 3	
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona un conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>3. El administrador efectúa una operación sobre este conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge un rango de máquinas virtuales erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para las máquinas virtuales inexistentes pero se completa para el resto de máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3b. El administrador efectúa una operación inválida para alguna de las máquinas virtuales seleccionadas debido a su estado actual.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para esa máquina virtual pero se completa para las máquinas que la soporten.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 33: Definición del caso de uso CU 3.

El caso de uso “Gestión de conjunto de VM”, como se comentaba en el diagrama de Casos de Uso de la *Figura 41*, es un caso de uso que engloba a varios casos de uso.

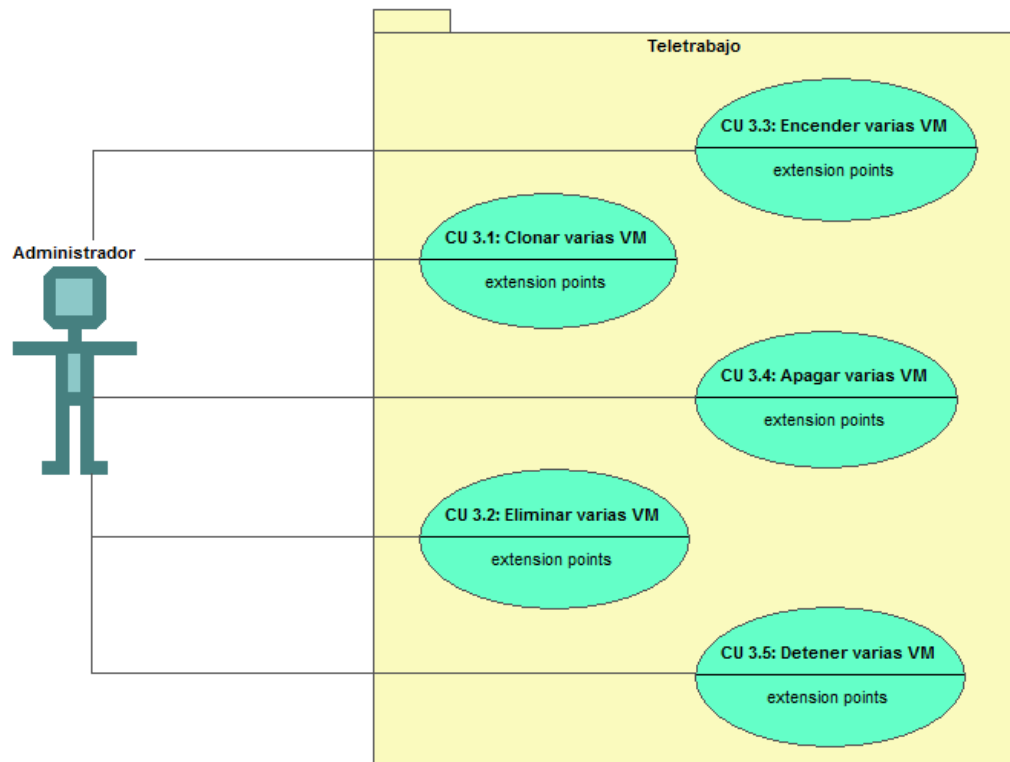


Figura 43: Casos de uso contenidos en el CU 3.

Identificador: CU 3.1	
Nombre:	Clonar varias VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Clonar un conjunto de máquinas virtuales a partir de otra.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	Aparecen varias máquinas virtuales idénticas a la de origen.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona una máquina virtual.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de clonación de máquinas virtuales.</li> <li>4. El administrador indica el número de copias de la máquina virtual seleccionada que desea clonar.</li> <li>5. El administrador efectúa la clonación de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>

Identificador: CU 3.1	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador no introduce un número entero como número de copias de la máquina virtual a clonar.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción terminar con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 34: Definición del caso de uso CU 3.1.

Identificador: CU 3.2	
Nombre:	Eliminar varias VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Eliminar un conjunto de máquinas virtuales.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	El conjunto de máquinas virtuales quedan eliminadas.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona un conjunto de máquinas virtuales a eliminar.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de eliminar el conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge alguna máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para las máquinas erróneas pero se completa para el resto de máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 35: Definición del caso de uso CU 3.2.

Identificador: CU 3.3	
Nombre:	Encender varias VM.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Encender un conjunto de máquinas virtuales.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	El conjunto de máquinas virtuales quedan encendidas.

Identificador: CU 3.3	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona un conjunto de máquinas virtuales a encender.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de arranque del conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge alguna máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para las máquinas erróneas pero se completa para el resto de máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 36: Definición del caso de uso CU 3.3.

Identificador: CU 3.4	
<b>Nombre:</b>	Apagar varias VM.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Apagar un conjunto de máquinas virtuales.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	El conjunto de máquinas virtuales reciben la orden de ser apagadas.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona un conjunto de máquinas virtuales a apagar.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de apagado del conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge alguna máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para las máquinas erróneas pero se completa para el resto de máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 37: Definición del caso de uso CU 3.4.

Identificador: CU 3.5	
<b>Nombre:</b>	Detener varias VM.
<b>Actores:</b>	Administrador.

Identificador: CU 3.5	
<b>Objetivo:</b>	Detener un conjunto de máquinas virtuales.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	El conjunto de máquinas virtuales quedan detenidas.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona un conjunto de máquinas virtuales a detener.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de detención del conjunto de máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador escoge alguna máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error para las máquinas erróneas pero se completa para el resto de máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 38: Definición del caso de uso CU 3.5.

A continuación se describen los casos de uso que no serán satisfechos en el presente proyecto, tal y como se comentó anteriormente.

Identificador: CU 4	
<b>Nombre:</b>	Backup completo.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Se realiza una copia de seguridad de todas las máquinas virtuales de un rango establecido, eliminando las copias de seguridad de máquinas antiguas que superen un cierto número de días de antigüedad, así como una copia de los ficheros de configuración de todas las máquinas virtuales de un nodo en el otro y viceversa.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	Se ha realizado una copia de seguridad de cada una de las máquinas de un rango concreto, se ha comprobado, y eliminado si procedía, las copias de seguridad de máquinas virtuales antiguas y se ha realizado una copia cruzada de los ficheros de configuración de todas las máquinas virtuales en cada nodo.



Identificador: CU 4	
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales.</li><li>2. El administrador selecciona una serie de parámetros:<ul style="list-style-type: none"><li>- Rango de máquinas virtuales.</li><li>- Número de copias de seguridad de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li><li>- Número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li><li>- Número de días que las copias de seguridad obsoletas, de máquinas virtuales que ya no existen, pueden permanecer almacenadas.</li></ul></li><li>3. El administrador efectúa la operación de backup completo sobre el conjunto de máquinas virtuales.</li><li>4. Terminar.</li></ol>

Identificador: CU 4	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge un rango de máquinas virtuales erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción de copia de seguridad de las máquinas virtuales termina con error para las máquinas virtuales inexistentes pero se completa para el resto de máquinas virtuales, para la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas virtuales antiguas y para la copia de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3b. El administrador no introduce un número entero como número de copias de seguridad de las máquinas virtuales que pueden permanecer guardadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La copia de seguridad de las máquinas virtuales termina con error pero se completa la copia de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales y la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas virtuales antiguas.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3c. El administrador no introduce un número entero como número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer guardadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La copia de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales termina con error pero se completa la copia de seguridad de las máquinas virtuales y la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas virtuales antiguas.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3d. El administrador no introduce un número entero como número de días que las copias de seguridad obsoletas, de máquinas virtuales que ya no existen, deben permanecer almacenadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La copia de seguridad, tanto de máquinas virtuales como de ficheros de configuración de máquinas virtuales se completa, pero la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas antiguas termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 39: Definición del caso de uso CU 4.

Identificador: CU 5	
Nombre:	Backup de rango de VM.
Actores:	Administrador.

Identificador: CU 5	
Objetivo:	Se realiza una copia de seguridad de todas las máquinas virtuales de un rango establecido, eliminando las copias de seguridad de máquinas antiguas que superen un cierto número de días de antigüedad.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	Se ha realizado una copia de seguridad de cada una de las máquinas de un rango concreto y se ha comprobado, y eliminado si procedía, las copias de seguridad de máquinas virtuales antiguas.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales.</li><li>2. El administrador selecciona una serie de parámetros:<ul style="list-style-type: none"><li>- Rango de máquinas virtuales.</li><li>- Número de copias de seguridad de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li><li>- Número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li></ul></li><li>3. El administrador efectúa la operación de backup de un rango de máquinas virtuales.</li><li>4. Terminar.</li></ol>

Identificador: CU 5	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge un rango de máquinas virtuales erróneo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción de copia de seguridad de las máquinas virtuales termina con error para las máquinas virtuales inexistentes pero se completa para el resto de máquinas y para la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas virtuales antiguas.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3b. El administrador no introduce un número entero como número de copias de seguridad de las máquinas virtuales que pueden permanecer guardadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción de copia de seguridad de las máquinas virtuales termina con error pero se completa para la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas virtuales antiguas.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>3c. El administrador no introduce un número entero como número de días que las copias de seguridad obsoletas, de máquinas virtuales que ya no existen, deben permanecer almacenadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La copia de seguridad de máquinas virtuales se completa, pero la limpieza de copias de seguridad obsoletas de máquinas antiguas termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 40: Definición del caso de uso CU 5.

Identificador: CU 6	
Nombre:	Backup cruzado.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Se realiza una copia de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales de un nodo en el otro y viceversa.
Precondiciones:	El administrador tiene acceso a los servidores.
Postcondiciones:	Se ha realizado una copia cruzada de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales seleccionadas en cada nodo.

Identificador: CU 6	
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona el número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li> <li>3. El administrador efectúa la operación de backup cruzado sobre todas las máquinas virtuales.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	<p>3a. El administrador no introduce un número entero como número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer guardadas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 41: Definición del caso de uso CU 6.

Identificador: CU 7	
<b>Nombre:</b>	Restaurar backup.
<b>Actores:</b>	Administrador.
<b>Objetivo:</b>	Se restaura una copia de seguridad de una fecha concreta y para una máquina virtual concreta.
<b>Precondiciones:</b>	El administrador tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	Se ha restaurado una copia de seguridad de una máquina virtual.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales.</li> <li>2. El administrador selecciona una máquina virtual.</li> <li>3. El administrador accede a la pantalla de copias de seguridad disponibles de la máquina virtual seleccionada.</li> <li>4. El administrador selecciona una copia de seguridad a restaurar.</li> <li>5. El administrador efectúa la restauración de la copia de seguridad.</li> <li>6. Terminar.</li> </ol>

Identificador: CU 7	
Escenarios alternativos:	<p>3a. El administrador escoge una máquina virtual errónea.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 1.</li> </ol> <p>5a. El administrador escoge una copia de seguridad inexistente para la máquina virtual seleccionada.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La acción termina con error.</li> <li>2. Volver al paso 3.</li> </ol>

Tabla 42: Definición del caso de uso CU 7.

Identificador: CU 8	
Nombre:	Recuperar VMs ante fallo de nodo.
Actores:	Administrador.
Objetivo:	Se levantan todas las máquinas virtuales de un nodo caído en otro nodo activo.
Precondiciones:	<p>El administrador tiene acceso a los servidores.</p> <p>El servicio de almacenamiento en red está disponible.</p> <p>Al menos un nodo está habilitado.</p>
Postcondiciones:	Se levantan todas las máquinas virtuales del nodo caído en un nodo activo.
Escenario básico:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la pantalla de copias de seguridad de los ficheros de configuración de máquinas virtuales del nodo caído.</li> <li>2. El administrador efectúa la operación de restauración de todos los ficheros de configuración de las máquinas virtuales en el nodo actual.</li> <li>3. El administrador enciende todas las máquinas virtuales restauradas.</li> <li>4. Terminar.</li> </ol>
Escenarios alternativos:	<p>2a. No existen copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 43: Definición del caso de uso CU 8.

Identificador: CU 9	
Nombre:	Backup corporativo
Actores:	Serv. Backup Corp.
Objetivo:	Se realiza una copia de seguridad de todas las máquinas virtuales en un almacenamiento corporativo.

Identificador: CU 9	
<b>Precondiciones:</b>	El Serv. Backup Corp. tiene acceso a los servidores.
<b>Postcondiciones:</b>	Se ha realizado una copia de seguridad de todas las máquinas virtuales en el almacenamiento corporativo.
<b>Escenario básico:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La UC3M accede a los servidores de máquinas virtuales.</li> <li>2. La UC3M efectúa la operación de backup corporativo sobre todas las máquinas virtuales.</li> <li>3. Terminar.</li> </ol>
<b>Escenarios alternativos:</b>	2a. No existen máquinas virtuales en los servidores. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Volver al paso 1.</li> </ol>

Tabla 44: Definición del caso de uso CU 9.

Después de describir los casos de uso el sistema queda definido y, a continuación, se podrán extraer los requisitos del software, tanto funcionales como no funcionales, que sentarán las bases del desarrollo del proyecto.

## 4.2.2. Especificación de requisitos

Los requisitos del software se dividen en requisitos funcionales, que indican qué funcionalidades concretas e indivisibles debe tener el sistema, y los requisitos no funcionales, que indican las restricciones sobre cómo deben llevarse a cabo esas funcionalidades u otras restricciones del sistema.

A continuación se detallan los requisitos del software del sistema.

### 4.2.2.1. Requisitos funcionales

Identificador: RSF-01	
<b>Título:</b>	Introducir dirección IP o nombre de máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una pantalla en la que introducir la dirección IP o el nombre de la máquina virtual para conectarse a ella.

Tabla 45: Requisito del software RSF-01.

Identificador: RSF-02	
Título:	Introducir datos de inicio de sesión.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla en la que introducir los datos de acceso (nombre de usuario y contraseña) a la máquina virtual.

Tabla 46: Requisito del software RSF-02.

Identificador: RSF-03	
Título:	Pantalla de administración de máquinas virtuales.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 47: Requisito del software RSF-03.

Identificador: RSF-04	
Título:	Opción de crear una máquina virtual.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para crear una máquina virtual.

Tabla 48: Requisito del software RSF-04.

Identificador: RSF-05	
Título:	Pantalla de creación de máquinas virtuales.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.



Identificador: RSF-05	
<b>Descripción:</b>	<p>Se deberá proporcionar una pantalla de creación de máquinas virtuales que permita insertar los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tamaño de disco duro a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tipo de almacenamiento del disco duro.</li> <li>- Tipo de tarjeta de red a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Nodo en el que almacenar la máquina virtual.</li> <li>- Medio a utilizar para la instalación del sistema operativo.</li> </ul>

Tabla 49: Requisito del software RSF-05.

Identificador: RSF-06	
<b>Título:</b>	Opción de modificar una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para modificar una máquina virtual.

Tabla 50: Requisito del software RSF-06.

Identificador: RSF-07	
<b>Título:</b>	Pantalla de configuración de máquinas virtuales.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.

Identificador: RSF-07	
<b>Descripción:</b>	<p>Se deberá proporcionar una pantalla de configuración de máquinas virtuales que permita configurar los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM de la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores de la máquina virtual.</li> <li>- Medio a utilizar para arrancar desde un dispositivo extraíble.</li> <li>- Orden de arranque de dispositivos de la máquina virtual.</li> </ul>

Tabla 51: Requisito del software RSF-07.

Identificador: RSF-08	
<b>Título:</b>	Opción de añadir un disco duro a una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para añadir un disco duro a una máquina virtual desde la pantalla de configuración de dicha máquina virtual.

Tabla 52: Requisito del software RSF-08.

Identificador: RSF-09	
<b>Título:</b>	Pantalla de inserción de disco duro a una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	<p>Se deberá proporcionar una pantalla de inserción de disco duro para una máquina virtual que permita configurar los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño del disco duro.</li> <li>- Tipo de almacenamiento.</li> </ul>

Tabla 53: Requisito del software RSF-09.

Identificador: RSF-10	
<b>Título:</b>	Opción de eliminar un disco duro de una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para eliminar un disco duro de una máquina virtual.

Tabla 54: Requisito del software RSF-10.

Identificador: RSF-11	
<b>Título:</b>	Opción de añadir una tarjeta de red a una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para añadir una tarjeta de red a una máquina virtual.

Tabla 55: Requisito del software RSF-11.

Identificador: RSF-12	
<b>Título:</b>	Pantalla de inserción de tarjeta de red a una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una pantalla de inserción de tarjeta de red para una máquina virtual que permita indicar el tipo de tarjeta de red.

Tabla 56: Requisito del software RSF-12.

Identificador: RSF-13	
<b>Título:</b>	Opción de eliminar una tarjeta de red de una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.

Identificador: RSF-13	
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para eliminar una tarjeta de red de una máquina virtual.

Tabla 57: Requisito del software RSF-13.

Identificador: RSF-14	
Título:	Opción de añadir un dispositivo extraíble a una máquina virtual.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para añadir un dispositivo extraíble a una máquina virtual.

Tabla 58: Requisito del software RSF-14.

Identificador: RSF-15	
Título:	Pantalla de inserción de dispositivo extraíble a una máquina virtual.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla de inserción de dispositivo extraíble para una máquina virtual que permita indicar el medio a montar en éste.

Tabla 59: Requisito del software RSF-15.

Identificador: RSF-16	
Título:	Opción de eliminar un dispositivo extraíble de una máquina virtual.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para eliminar un dispositivo extraíble de una máquina virtual.

Tabla 60: Requisito del software RSF-16.

Identificador: RSF-17	
<b>Título:</b>	Opción de eliminar una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para eliminar una máquina virtual.

Tabla 61: Requisito del software RSF-17.

Identificador: RSF-18	
<b>Título:</b>	Opción de clonar una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para clonar una máquina virtual a partir de otra.

Tabla 62: Requisito del software RSF-18.

Identificador: RSF-19	
<b>Título:</b>	Opción de migrar una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Conveniente.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para migrar una máquina virtual.

Tabla 63: Requisito del software RSF-19.

Identificador: RSF-20	
<b>Título:</b>	Pantalla de migración de una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Conveniente.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una pantalla de migración de una máquina virtual que permita indicar el nodo de destino.

Tabla 64: Requisito del software RSF-20.

Identificador: RSF-21	
<b>Título:</b>	Opción de redimensionar un disco duro de una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para redimensionar un disco duro de una máquina virtual.

Tabla 65: Requisito del software RSF-21.

Identificador: RSF-22	
<b>Título:</b>	Pantalla de redimensionado de disco duro de una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una pantalla de redimensionado de disco duro para una máquina virtual que permita indicar el nuevo tamaño de dicho disco duro.

Tabla 66: Requisito del software RSF-22.

Identificador: RSF-23	
<b>Título:</b>	Opción de encender una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para encender una máquina virtual.

Tabla 67: Requisito del software RSF-23.

Identificador: RSF-24	
<b>Título:</b>	Opción de apagar una máquina virtual.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.

Identificador: RSF-24	
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para apagar una máquina virtual.

Tabla 68: Requisito del software RSF-24.

Identificador: RSF-25	
Título:	Opción de detener una máquina virtual.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para detener una máquina virtual.

Tabla 69: Requisito del software RSF-25.

Identificador: RSF-26	
Título:	Opción de clonar varias veces una máquina virtual.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para clonar una máquina virtual a partir de otra varias veces.

Tabla 70: Requisito del software RSF-26.

Identificador: RSF-27	
Título:	Pantalla de clonación múltiple de una máquina virtual.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla de clonación de una máquina virtual que permita indicar cuántas copias se quieren realizar.

Tabla 71: Requisito del software RSF-27.

Identificador: RSF-28	
Título:	Opción de eliminar varias máquinas virtuales.

Identificador: RSF-28	
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para eliminar varias máquinas virtuales.

Tabla 72: Requisito del software RSF-28.

Identificador: RSF-29	
Título:	Opción de encender varias máquinas virtuales.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para encender varias máquinas virtuales.

Tabla 73: Requisito del software RSF-29.

Identificador: RSF-30	
Título:	Opción de apagar varias máquinas virtuales.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para apagar varias máquinas virtuales.

Tabla 74: Requisito del software RSF-30.

Identificador: RSF-31	
Título:	Opción de detener varias máquinas virtuales.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para detener varias máquinas virtuales.

Tabla 75: Requisito del software RSF-31.



Identificador: RSF-32	
<b>Título:</b>	Pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales.
<b>Prioridad:</b>	Media.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	<p>Se deberá proporcionar una pantalla de administración de copias de seguridad de máquinas virtuales que permita insertar los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de máquinas virtuales.</li> <li>- Número de copias de seguridad de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li> <li>- Número de copias de seguridad de los ficheros de configuración de las máquinas virtuales que pueden permanecer almacenadas.</li> <li>- Número de días que las copias de seguridad obsoletas, de máquinas virtuales que ya no existen, pueden permanecer almacenadas.</li> </ul>

Tabla 76: Requisito del software RSF-32.

Identificador: RSF-33	
<b>Título:</b>	Opción de backup completo.
<b>Prioridad:</b>	Media.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Se deberá proporcionar una opción para realizar un backup completo.

Tabla 77: Requisito del software RSF-33.

Identificador: RSF-34	
<b>Título:</b>	Opción de backup de un rango de máquinas virtuales.
<b>Prioridad:</b>	Media.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.

Identificador: RSF-34	
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para realizar un backup de un rango de máquinas virtuales.

Tabla 78: Requisito del software RSF-34.

Identificador: RSF-35	
Título:	Opción de backup cruzado.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para realizar un backup cruzado.

Tabla 79: Requisito del software RSF-35.

Identificador: RSF-36	
Título:	Opción de listar las copias de seguridad de una máquina virtual.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para listar las copias de seguridad de una máquina virtual.

Tabla 80: Requisito del software RSF-36.

Identificador: RSF-37	
Título:	Pantalla de copias de seguridad disponibles de una máquina virtual.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla de copias de seguridad disponibles.

Tabla 81: Requisito del software RSF-37.

Identificador: RSF-38	
Título:	Opción de restaurar una copia de seguridad de una máquina virtual.

Identificador: RSF-38	
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para restaurar una copia de seguridad de una máquina virtual.

Tabla 82: Requisito del software RSF-38.

Identificador: RSF-39	
Título:	Pantalla de copias de seguridad de los ficheros de configuración de máquinas virtuales de otro nodo.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una pantalla de copias de seguridad de ficheros de configuración de máquinas virtuales de otro nodo disponibles.

Tabla 83: Requisito del software RSF-39.

Identificador: RSF-40	
Título:	Opción de restaurar copias de seguridad de los ficheros de configuración de máquinas virtuales de otro nodo.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para restaurar copias de seguridad de los ficheros de configuración de máquinas virtuales de otro nodo.

Tabla 84: Requisito del software RSF-40.

Identificador: RSF-41	
Título:	Opción de backup corporativo.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.

Identificador: RSF-41	
Descripción:	Se deberá proporcionar una opción para realizar un backup corporativo.

Tabla 85: Requisito del software RSF-41.

#### 4.2.2.2. Requisitos no funcionales

Identificador: RSNF-01	
Título:	Máquinas virtuales disponibles en cualquier sitio mediante escritorio remoto.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Las máquinas virtuales deberán estar disponibles para los teletrabajadores desde cualquier equipo con conexión a Internet, mediante escritorio remoto RDP.

Tabla 86: Requisito del software RSNF-01.

Identificador: RSNF-02	
Título:	Máquinas virtuales disponibles en cualquier momento.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Las máquinas virtuales deberán estar disponibles para los teletrabajadores en cualquier momento.

Tabla 87: Requisito del software RSNF-02.

Identificador: RSNF-03	
Título:	Acceso a máquinas virtuales restringido.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	El acceso a las máquinas virtuales estará restringido a direcciones IP de la UC3M.

Tabla 88: Requisito del software RSNF-03.

Identificador: RSNF-04	
<b>Título:</b>	Máquinas virtuales monitorizadas.
<b>Prioridad:</b>	Media.
<b>Necesidad:</b>	Conveniente.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Las máquinas virtuales deberán estar monitorizadas en todo momento desde un sistema externo.

Tabla 89: Requisito del software RSNF-04.

Identificador: RSNF-05	
<b>Título:</b>	Máquinas virtuales en dominio UC3M.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Las máquinas virtuales deberán estar incluidas en el dominio de la UC3M.

Tabla 90: Requisito del software RSNF-05.

Identificador: RSNF-06	
<b>Título:</b>	Máquinas virtuales en DNS.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Las máquinas virtuales deben tener asociado un nombre DNS para poder emplearlo en lugar de la dirección IP.

Tabla 91: Requisito del software RSNF-06.

Identificador: RSNF-07	
<b>Título:</b>	Máquinas virtuales con Windows XP.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	El sistema operativo de las máquinas virtuales deberá ser Windows XP.

Tabla 92: Requisito del software RSNF-07.

Identificador: RSNF-08	
<b>Título:</b>	Sistema de virtualización de software libre.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	El sistema de virtualización debe ser software libre.

Tabla 93: Requisito del software RSNF-08.

Identificador: RSNF-09	
<b>Título:</b>	Tipo de virtualización.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Imprescindible.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	El tipo de virtualización empleada debe ser completa para proporcionar el mayor rendimiento posible.

Tabla 94: Requisito del software RSNF-09.

Identificador: RSNF-10	
<b>Título:</b>	Múltiples servidores.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Conveniente.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.
<b>Descripción:</b>	Para proporcionar la posibilidad de migración de máquinas virtuales y asegurar alta disponibilidad se requieren al menos dos servidores.

Tabla 95: Requisito del software RSNF-10.

Identificador: RSNF-11	
<b>Título:</b>	Almacenamiento externo en red.
<b>Prioridad:</b>	Alta.
<b>Necesidad:</b>	Conveniente.
<b>Estabilidad:</b>	Alta.

Identificador: RSNF-11	
Descripción:	Para proporcionar la posibilidad de migración de máquinas virtuales y asegurar alta disponibilidad se requiere almacenamiento en red.

Tabla 96: Requisito del software RSNF-11.

Identificador: RSNF-12	
Título:	Acceso a servidores restringido.
Prioridad:	Media.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	El acceso a los servidores estará restringido a direcciones IP de la UC3M.

Tabla 97: Requisito del software RSNF-12.

Identificador: RSNF-13	
Título:	Servidores monitorizados.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Conveniente.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Los servidores deberán estar monitorizados en todo momento desde un sistema externo.

Tabla 98: Requisito del software RSNF-13.

Identificador: RSNF-14	
Título:	Servidores en DNS.
Prioridad:	Alta.
Necesidad:	Imprescindible.
Estabilidad:	Alta.
Descripción:	Los servidores deben tener asociado un nombre DNS para poder emplearlo en lugar de la dirección IP.

Tabla 99: Requisito del software RSNF-14.

Como se ha ido comentando a la largo del capítulo, existen funcionalidades que no serán cubiertas por el presente proyecto. Con el objetivo de aclarar qué

requisitos serán satisfechos y cuáles se podrán consultar en el proyecto (González Piedra, 2011), se presenta la siguiente tabla resumen:

Requisitos	Cubierto por este proyecto	Cubierto por el proyecto (González Piedra, 2011)
RSF-01	✓	
RSF-02	✓	
RSF-03	✓	
RSF-04	✓	
RSF-05	✓	
RSF-06	✓	
RSF-07	✓	
RSF-08	✓	
RSF-09	✓	
RSF-10	✓	
RSF-11	✓	
RSF-12	✓	
RSF-13	✓	
RSF-14	✓	
RSF-15	✓	
RSF-16	✓	
RSF-17	✓	
RSF-18	✓	
RSF-19	✓	
RSF-20	✓	
RSF-21	✓	
RSF-22	✓	
RSF-23	✓	
RSF-24	✓	
RSF-25	✓	
RSF-26	✓	
RSF-27	✓	
RSF-28	✓	



Requisitos	Cubierto por este proyecto	Cubierto por el proyecto (González Piedra, 2011)
RSF-29	✓	
RSF-30	✓	
RSF-31	✓	
RSF-32		✓
RSF-33		✓
RSF-34		✓
RSF-35		✓
RSF-36		✓
RSF-37		✓
RSF-38		✓
RSF-39		✓
RSF-40		✓
RSF-41		✓
RSNF-01	✓	
RSNF-02	✓	
RSNF-03		✓
RSNF-04		✓
RSNF-05	✓	
RSNF-06	✓	
RSNF-07	✓	
RSNF-08	✓	
RSNF-09	✓	
RSNF-10	✓	
RSNF-11	✓	
RSNF-12		✓
RSNF-13		✓
RSNF-14	✓	

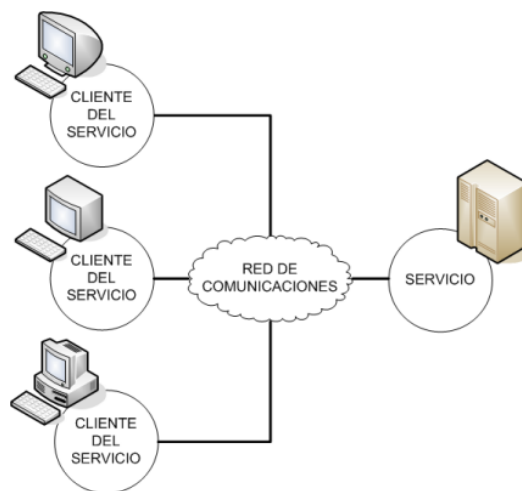
Tabla 100: Resumen de cobertura de requisitos.

Teniendo en cuenta los requisitos *RSNF-08* y *RSNF-09*, se deberá tomar una decisión de diseño para determinar qué plataforma de virtualización es la adecuada para el desarrollo de este proyecto.

## 4.3. Diseño arquitectónico

A lo largo de este apartado se describirán los distintos nodos, así como las relaciones entre cada uno de ellos y las comunicaciones existentes para que todos los nodos conformen un sistema único.

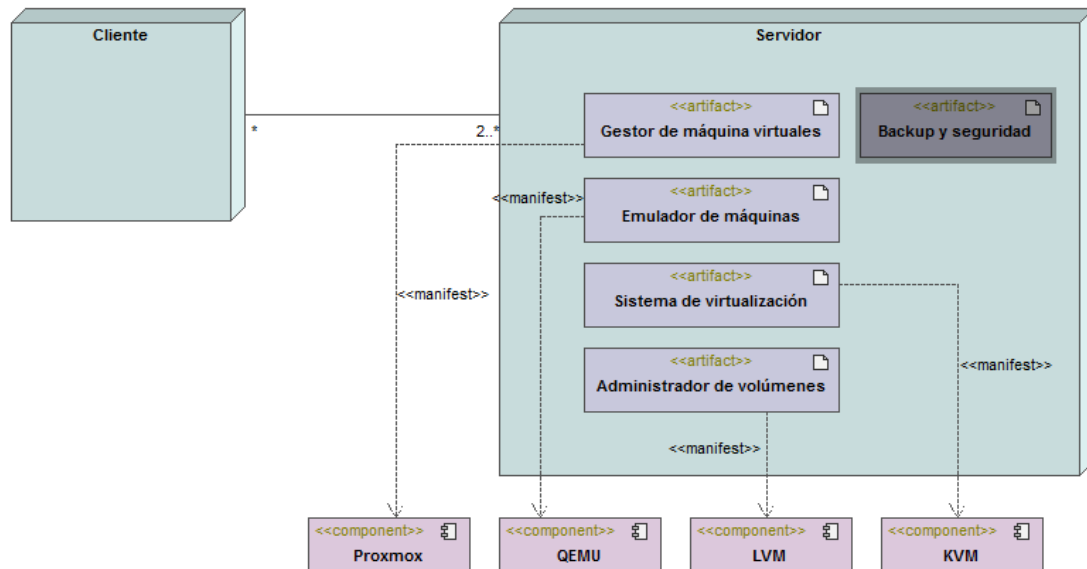
La arquitectura seleccionada para la construcción del sistema se basa en el estilo arquitectónico Cliente-Servidor.



**Figura 44: Arquitectura cliente-servidor.**

Se utiliza esta arquitectura porque, por la propia naturaleza del servicio que se trata de proporcionar, es la que mejor se ajusta. Se dispondrá de varios servidores que proporcionarán el acceso a los clientes (teletrabajadores) para que desempeñen sus tareas.

En concreto, la arquitectura del sistema a desarrollar se compondrá de los siguientes nodos:



**Figura 45: Arquitectura global del sistema.**

En la *Figura 45* se puede ver como prácticamente toda la totalidad de la funcionalidad se implementa en los nodos servidores, de manera que los clientes dispondrán de una carga muy ligera.

En concreto, los clientes únicamente interactuarán con el servidor para conectarse a una de las máquinas virtuales, para lo que utilizarán un cliente de escritorio remoto.

En los servidores es donde se llevarán a cabo las tareas de administración y creación de máquinas virtuales, junto con la administración del almacenamiento de éstas y los servicios de seguridad y *backup* de los servidores.

Para realizar estas tareas en los servidores, se tendrán que proporcionar distintos componentes para cada uno de los niveles existentes: LVM, KVM, QEMU y Proxmox. Estos componentes obedecen a una arquitectura de capas en la que cada componente de un nivel depende del nivel inferior. Concretando:

- LVM es el componente que se encarga de gestionar los volúmenes lógicos que darán soporte de almacenamiento a las máquinas virtuales.
- KVM es el componente que se encarga de comunicar el sistema anfitrión con las máquinas virtuales huéspedes, proporcionando así la posibilidad de ejecutar las propias máquinas virtuales.
- QEMU es el componente que se encarga de proporcionar una emulación de máquinas físicas, de manera que se pueda interactuar con las máquinas virtuales como si se trataran de máquinas reales.
- Proxmox es el componente que se encarga de la administración de máquinas virtuales.

El componente asociado a *backup* y seguridad será el encargado de proporcionar restricciones de acceso, tanto a los servidores como a las máquinas virtuales, además de suministrar un servicio de copias de seguridad de las máquinas virtuales para poder

recuperarse ante fallos y un sistema de monitorización de las máquinas virtuales y de los servidores para recoger estadísticas de rendimiento y alertar sobre posibles fallos más rápidamente. Este componente no será satisfecho mediante la consecución de este proyecto, sino que se podrán consultar todos los detalles en (González Piedra, 2011), que proporciona la continuación del presente proyecto.

En los siguientes apartados se describirán la plataforma de virtualización a utilizar, así como las infraestructuras hardware y software a utilizar para la consecución de la solución final.

### 4.3.1. Evaluación de plataformas de virtualización

Para decidir qué tipo de plataforma de virtualización es la adecuada se parte de las alternativas estudiadas en el apartado 2.3.5 *Soluciones de virtualización*.

Solución	Tipo de licencia	Tipo de virtualización	¿Cumple los requisitos?
VirtualBox	GPL v2/Propietaria	Virtualización completa	✓
OpenVZ	GPL	Virtualización a nivel de SO	✗
KVM	GPL/LGPL	Virtualización completa	✓
Xen	GPL v2/Propietaria	Paravirtualización / Virtualización completa	✓
QEMU	GPL/LGPL	Emulación	✗
Virtual PC	Propietaria	Emulación	✗
Virtual server	Propietaria	Virtualización completa	✗
VMware	Propietaria	Virtualización completa / Paravirtualización	✗
Parallels	Propietaria	Virtualización completa / Paravirtualización	✗

Tabla 101: Comparativa de soluciones de virtualización.

Como puede comprobarse, únicamente tres de las nueve soluciones presentadas cumplen con los requisitos de ser software libre y de proporcionar virtualización completa.

De entre ellas, se tratará de analizar las ventajas y desventajas que ofrecen KVM y Xen. Se descarta VirtualBox debido a que se trata de una herramienta especialmente adaptada para equipos de escritorio y, por tanto, no proporcionaría un buen rendimiento en un servidor con el fin de gestionar múltiples máquinas virtuales. Por ello, y con el fin de buscar el máximo rendimiento de la tecnología utilizada, se prefieren KVM o Xen.

A continuación se muestra un resumen de las ventajas y desventajas estudiadas en el apartado 2.3.5 *Soluciones de virtualización* sobre cada una de las soluciones:

Características	KVM	Xen
<b>Ventajas:</b>	Viene integrado en el núcleo de todos los GNU/Linux y su instalación y configuración es muy sencilla. Proporciona una virtualización completa a un muy buen rendimiento.	Puede virtualizar arquitecturas sin extensión de virtualización hardware. Muy buen rendimiento general y abundante documentación.
<b>Desventajas:</b>	Requiere de virtualización hardware para poder funcionar y sólo soporta GNU/Linux en el anfitrión.	La versión libre está muy limitada y la instalación y la configuración son muy complejas
<b>Coste:</b>	Gratuito.	La versión libre es gratuita y la propietaria se encuentra disponible desde 1000 \$, dependiendo de la versión concreta

**Tabla 102: Comparativa KVM vs. Xen.**

Mientras que KVM viene integrado en el núcleo de los sistemas GNU/Linux, lo que hace su instalación y configuración muy sencilla, Xen necesita ser descargado y requiere de una instalación y configuración más complejas. Por otra parte, ambos sistemas soportan virtualización completa, siempre que el hardware también disponga de virtualización integrada, pero únicamente Xen puede funcionar sobre hardware que no disponga de virtualización. Y aunque Xen puede instalarse en varios sistemas anfitriones, no resulta un aspecto relevante ya que el proyecto se basa en software libre y, por tanto, el sistema a utilizar será GNU/Linux.

A pesar de que con esta pequeña comparativa sería suficiente para decidirse por una de las dos soluciones, se ha intentado dar un paso más.

Durante una fase previa al inicio de este proyecto, en el ámbito de la OSL de la UC3M se realizaron pruebas de rendimiento utilizando varias máquinas virtuales, con un sistema Windows XP como sistema huésped, con una utilización de las máquinas virtuales de usuario doméstico medio, entre estas dos soluciones y se concluyó que KVM ofrecía, ligeramente, mejor rendimiento que Xen. Además, según el estudio realizado en (Zablah *et al.*, [s.f.]), en el que se compara Xen con KVM con distintos *benchmarks*, se comprueba que el rendimiento que ofrece KVM cuando se hace un

mayor uso del disco duro que del procesador es muy superior al de Xen y viceversa, Xen proporciona mucho mejor rendimiento que KVM cuando se hace un uso intensivo del procesador y no tanto de disco.

Puesto que el uso de este servicio está dirigido a trabajadores de la UC3M que, en media, no realizarán trabajos computacionalmente muy pesados, KVM sería el mejor candidato.

El resultado de este estudio, junto con la experiencia recogida en la fase previa a este proyecto, además de la simplicidad de instalación y configuración debido a la integración con el núcleo de Linux, hacen que la decisión tomada sea la de utilizar KVM.

Además de KVM, será necesario utilizar una herramienta que proporcione una emulación de máquinas virtuales, además de gestor de máquinas virtuales.

En esta línea, KVM es capaz de funcionar junto a QEMU para proporcionar la emulación de las máquinas virtuales con virtualización completa. QEMU es la herramienta más comúnmente utilizada para este efecto debido a que la instalación y configuración de QEMU junto a KVM resulta muy sencilla.

En cuanto a la administración de máquinas virtuales, a día de hoy, existe una gran lista de gestores de máquinas virtuales que permiten la utilización de KVM. Esta lista está disponible en (Red Hat Inc., 2011c).

En los inicios de este proyecto, sin embargo, las herramientas para administrar máquinas virtuales eran menos numerosas y entre las que se probaron se encuentran:

- virsh
- virt-install
- Virtual Machine Manager
- Proxmox VE
- ConVirt
- Stackops Openstack Distro

De entre estas soluciones la única que proporcionaba una instalación, configuración, administración y mantenimiento sencillas, además de una estabilidad admisible fue Proxmox VE (Proxmox Server Solutions GmbH, 2011).

Por ello, la decisión final fue la de escoger Proxmox VE. Esta solución proporciona una interfaz web con un funcionamiento muy simple, además de una instalación y configuración muy simples. De esta forma con una misma herramienta se puede proporcionar un sistema operativo GNU/Linux con el soporte para la creación y gestión de máquinas virtuales que utilizan virtualización completa instalado y configurado, además de QEMU como emulador de máquinas virtuales, lo que simplificará enormemente el trabajo a realizar.

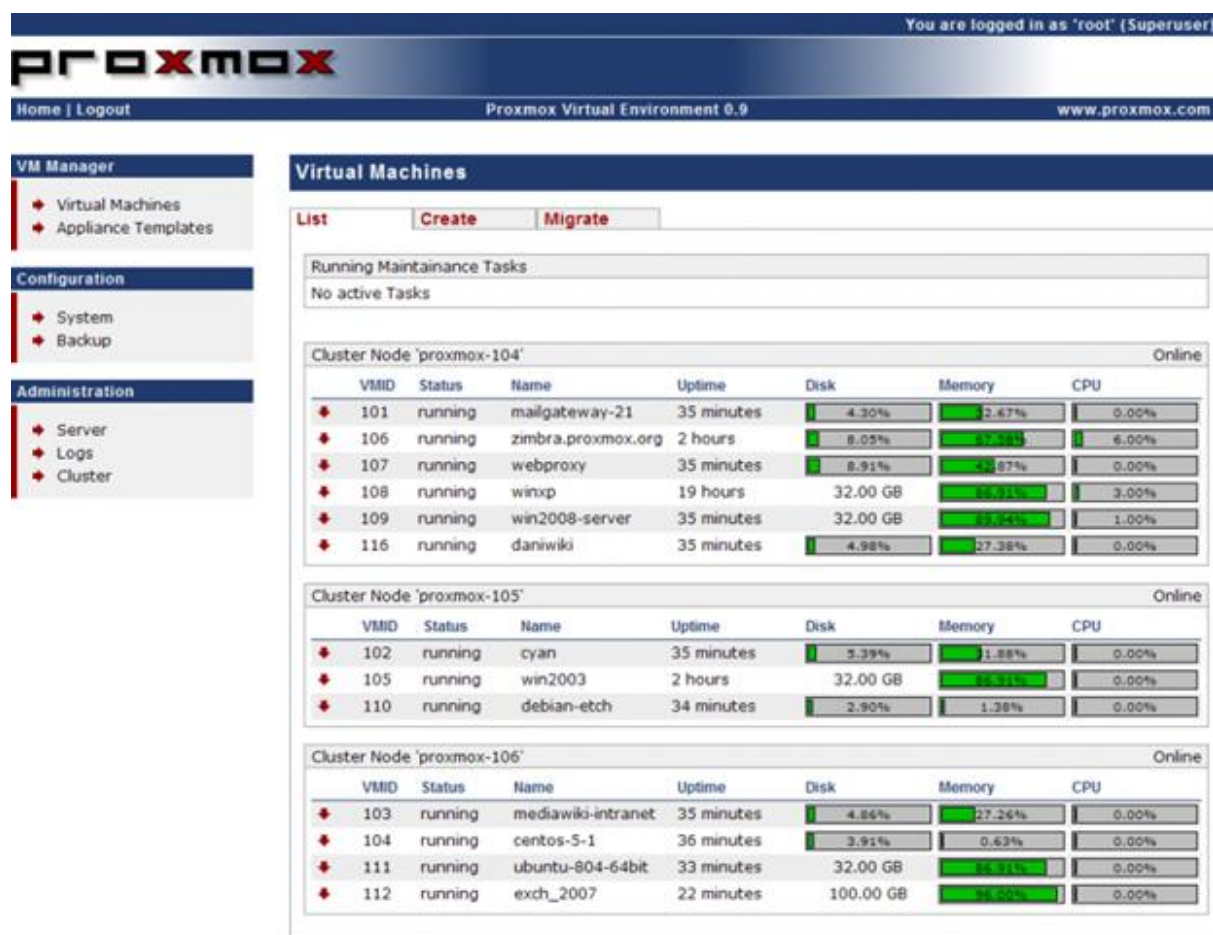


Figura 46: Proxmox VE.

Aparte de la facilidad de implantación que proporciona la herramienta, facilita la configuración de varios nodos con esta herramienta en *cluster* para poder ofrecer la posibilidad de migrar máquinas virtuales entre ellos y así asegurar una alta disponibilidad del servicio. Además, esta funcionalidad casa a la perfección con los requisitos de este proyecto.

### 4.3.2. Infraestructura Hardware

Para la consecución del proyecto se utilizarán dos servidores de idénticas características, además de una cabina de almacenamiento en red.

Características principales de los servidores (x2):

- Servidor: HP ProLiant BL460c
- Procesador: Intel Xeon X5650 2.67GHz con 6 núcleos
- Memoria RAM: 32 GB
- Disco duro: HP 500 GB
- Tarjeta de red: 2 interfaces de red de 10 Gb

En cuanto al almacenamiento en red: se dispone de una cabina EMC CLARiiON de almacenamiento de 500 GB de capacidad con conexión de fibra óptica que proporciona conectividad mediante el protocolo iSCSI.

Esta infraestructura proporcionará servicio para un número limitado de máquinas virtuales. Para conocer cuál es el número de máquinas virtuales máximo que se podrán ejecutar sin perjudicar el rendimiento global del sistema, habrá que realizar unas pruebas de rendimiento previas a la selección de los teletrabajadores finales.

### 4.3.3. Infraestructura Software

La infraestructura software consiste en las distintas herramientas y componentes a desarrollar que proporcionarán las funcionalidades requeridas por el proyecto. En la figura siguiente se muestran los principales componentes que deberán desplegarse.

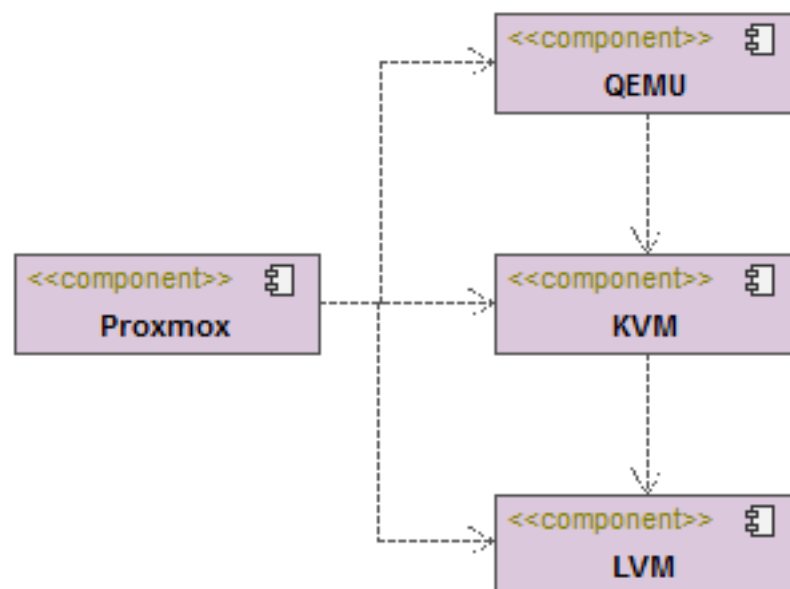


Figura 47: Componentes principales.

En la *Figura 47* se observa que el componente Proxmox tiene como dependencias a los tres componentes restantes, LVM, KVM y QEMU.

Estas dependencias se explican ya que Proxmox, realmente, es una herramienta que proporciona un sistema completo con los distintos componentes: LVM, KVM y QEMU, instalados y configurados, de manera que simplifica el trabajo. Además, suministra un *front-end* vía web para la administración de máquinas virtuales.

La decisión de escoger Proxmox, tal y como se comenta en el apartado 4.3.1 *Evaluación de plataformas de virtualización*, se produce debido a que, de entre las soluciones disponibles, ésta es la que más estabilidad y sencillez de instalación y



mejores herramientas de administración y de mantenimiento proporciona. El hecho de distribuirse como distribución GNU/Linux basada en Debian con todos los módulos instalados y configurados resulta de gran utilidad y proporciona robustez al sistema.

La decisión de utilizar Proxmox lleva asociada la elección del resto de componentes, puesto que éstos vienen integrados con el sistema que proporciona Proxmox. Sin embargo, la decisión de utilizar Proxmox fue tomada una vez seleccionadas qué herramientas se iban a utilizar para cubrir el resto de componentes.

En concreto, el componente principal a seleccionar es el sistema de virtualización a utilizar. Como se analiza en el apartado 4.3.1 *Evaluación de plataformas de virtualización*, KVM resulta ser la solución más adecuada a los requisitos del proyecto, viene integrado en sistemas GNU/Linux y proporciona un alto rendimiento de las máquinas virtuales, aproximándose a casi el rendimiento de una máquina física.

Una vez seleccionado este componente (tipo de virtualización), era necesario seleccionar un gestor de volúmenes de almacenamiento. En este caso la decisión fue claramente LVM, en su versión 2, debido a que se trata del gestor de volúmenes lógicos más utilizado y más estable para sistemas GNU/Linux. Además, su configuración es muy intuitiva y viene integrado en este tipo de sistemas.

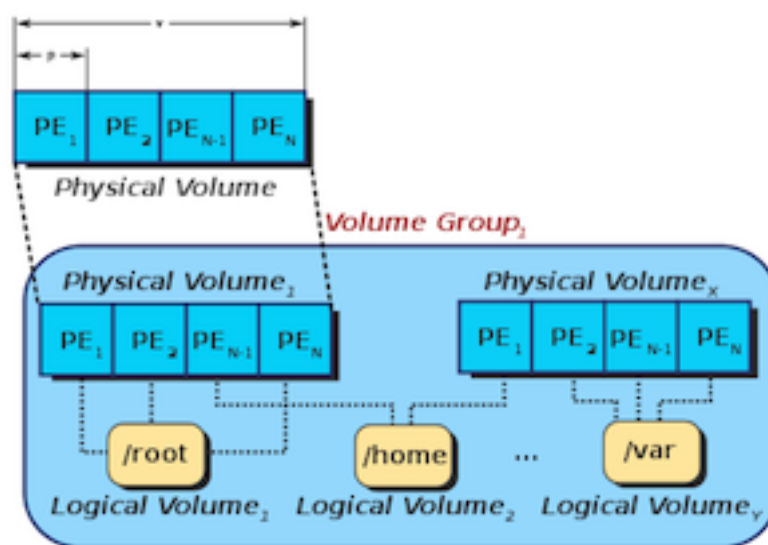


Figura 48: Arquitectura LVM.

Hasta ahora se ha seleccionado el componente que se va a encargar de gestionar el almacenamiento de las máquinas virtuales, así como el sistema de virtualización que proporciona la ejecución de las máquinas virtuales. Únicamente resta escoger un emulador de máquinas virtuales que pueda lanzar máquinas virtuales a través de KVM. En este sentido, la decisión también parece clara, dado que QEMU es el emulador de máquinas virtuales por excelencia, el más

comúnmente utilizado y que proporciona soporte para emulación de varias arquitecturas.

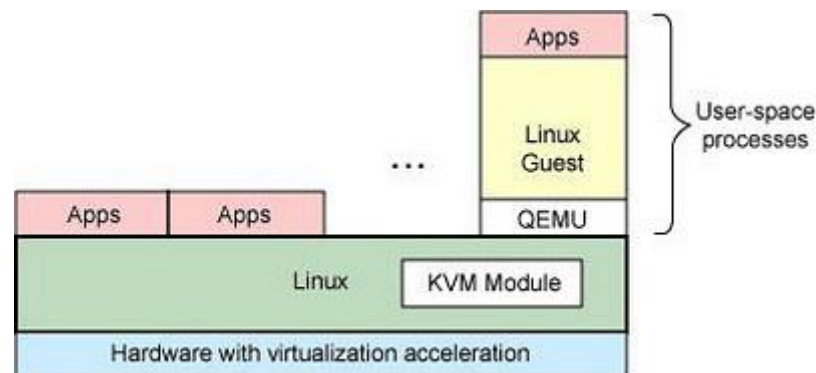


Figura 49: Arquitectura KVM.

Como ha podido verse, cada uno de los componentes tiene la dependencia del anterior, ya que un emulador de máquinas virtuales no tendría sentido si no existe una técnica de virtualización que las soporte y una máquina virtual no tendría sentido si no hubiera un sistema que gestionara los volúmenes de almacenamiento de éstas.

En el último nivel se encontraría el componente Proxmox, el cual proporciona la administración gráfica de las máquinas virtuales sobre el sistema operativo. Como se explicó anteriormente, Proxmox además integra el resto de componentes, lo que hace su utilización muy simple y rápida.

En el siguiente apartado se explicará en detalle la forma en la que se gestionan las máquinas virtuales, así como las herramientas adicionales a las explicadas en este apartado que han sido necesarias para satisfacer los requisitos del sistema y la interacción de los servidores con los clientes.

## 4.4. Diseño detallado

Como se viene comentando a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, la herramienta principal que cubre la mayoría de los requisitos del proyecto es Proxmox, explicada en el apartado 3.1.1 *Sistema operativo*. Sin embargo, la consecución de este proyecto requiere de algunas funcionalidades más que deben ser satisfechas mediante otras herramientas. Estas funcionalidades son las de clonar una máquina virtual a partir de otra, redimensionar el tamaño de un disco duro de una máquina virtual y todas las gestiones asociadas a un conjunto de máquinas virtuales (apagar, detener, encender, eliminar, clonar).

### 4.4.1. Funcionalidad con Proxmox

Proxmox provee la interfaz adecuada para gestionar las máquinas virtuales a través de una infraestructura web.

Desde esta interfaz web es desde donde la herramienta proporciona todas las funcionalidades.

En este proyecto se utiliza la configuración de *cluster* entre dos servidores, para ampliar y mejorar la experiencia del servicio. Además, al disponer de almacenamiento en red, Proxmox proporciona la funcionalidad de migración de máquinas virtuales entre distintos nodos, incluso estando las máquinas virtuales en funcionamiento.

Con esta configuración, es necesario tener en cuenta que la definición de máquinas virtuales en la plataforma debe ser de “identificador único”, lo que significa que debe tratarse el *cluster* como un único espacio de identificadores para evitar problemas con la utilización de la migración de máquinas (ya que los dispositivos de almacenamiento son visibles desde todos los nodos del *cluster*).

Maquinas Virtuales						
<div> Listado Crear Emigrar </div>						
Se está ejecutando las Tareas de Mantenimiento						
No hay nada para visualizar						
Cluster Node ' ' Online						
VMID	Estado	Nombre	Tiempo de actividad	Disco	Memoria	CPU
110	running		37d	20.00GB	1.76GB	0.00%
111	running		37d	20.00GB	1.71GB	0.00%
112	running		37d	20.00GB	1.71GB	12.00%
113	running		37d	20.00GB	1.76GB	0.00%
114	running		37d	20.00GB	1.67GB	0.00%
115	running		37d	20.00GB	1.71GB	0.00%
116	running		37d	20.00GB	1.71GB	0.00%
117	running		37d	20.00GB	1.63GB	0.00%
499	stopped		-	14.66GB		
Cluster Node ' ' Online						
VMID	Estado	Nombre	Tiempo de actividad	Disco	Memoria	CPU
118	running		37d	20.00GB	1.68GB	0.00%
119	running		37d	20.00GB	1.71GB	0.00%
120	running		7d	20.00GB	1.76GB	0.00%
121	running		37d	20.00GB	1.71GB	0.00%
122	running		37d	20.00GB	1.68GB	0.00%
123	running		37d	20.00GB	1.76GB	0.00%
124	running		37d	20.00GB	1.67GB	0.00%
999	stopped		-	3.00GB		

Figura 50: Administración de máquinas virtuales.

Cada vez que se crea una máquina virtual, a bajo nivel, Proxmox genera una configuración de máquina virtual que QEMU es capaz de interpretar, así como un nuevo dispositivo para el disco duro asociado. La configuración de la máquina virtual se almacena en un fichero de texto plano.

```
name: [REDACTED]
ide2: cdrom,media=cdrom
bootdisk: virtio0
ostype: wxp
virtio0: LVMiSCSI:vm-110-disk-1
memory: 2048
sockets: 2
onboot: 0
cores: 1
vlan0: virtio=[REDACTED]
```

Figura 51: Fichero de configuración de máquina virtual.

Dicha configuración incluye:

- Un nombre para la máquina virtual, de manera que pueda ser identificada en la gestión de máquinas virtuales.
- El tipo de dispositivo extraíble virtual (CD-ROM) de que dispone y qué medio tiene montado.
- El dispositivo de arranque de la máquina virtual.
- Tipo de sistema operativo huésped instalado.
- Dispositivo de almacenamiento asignado.
- Cantidad de memoria RAM asignada.
- Número de procesadores y núcleos por cada procesador.
- Tipo de tarjeta de red asignada.

La mayoría de estos datos se suministran a través de la interfaz web en el momento de crear la máquina virtual y también se pueden modificar una vez creada. En la modificación se soportan, como se muestra en la siguiente figura, algunos parámetros de configuración extra.

En la siguiente figura se muestra la pantalla de creación de máquinas virtuales.

**Maquinas Virtuales**

**Listado** **Crear** **Emigrar**

Configuration

Tipo:	Fully virtualized (KVM) ▾	VMID:	101
Almacenamiento ISO:	local (dir) ▾	Nodo Cluster:	prox1 ( ) ▾
Medio de instalación:	cdrom device ▾	Iniciar al arranque:	<input type="checkbox"/>
Disk Storage:	local (dir) ▾	Formato de la imagen:	raw ▾
Espacio del disco (GB):	32	Tipo de disco:	IDE ▾
Nombre:		Tipo de S.O. invitado:.	Other ▾
Memoria (MB):	512	CPU Sockets:	1

Red

Bridge:	vibr0 ▾	Tarjeta de Red:	rtl8139 ▾
		MAC Address:	

➔ create

Figura 52: Crear una máquina virtual.

En la siguiente figura se muestra una pantalla con el estado actual de una máquina virtual, así como algunas características básicas que se pueden modificar.

**Configuración de Maquina Virtual**
**KVM 110**

Estado
Hardware
Opciones
Monitor

Configuration

Nombre:

Tipo de S.O. invitado:: Windows XP ▼

Memoria (MB):

Notes:

VMID:

Nodo Cluster:

CPU Sockets:

Cores/Socket:

Iniciar al arranque: ☐

➔ guardar

Status

Estado: **running**

Reestablecer
Apagar
Detener
Remove

Tiempo de actividad: 37 días 13:42:38  
Open VNC console

Recurso	Actual	Máximo	
Utilización de la CPU:	0	100	<div style="width: 0%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #ccc, #ccc);"></div> 0.00%
Memoria (MB):	1804	2048	<div style="width: 88%, height: 10px; background: linear-gradient(to right, #008000, #ccc);"></div> 1.76GB

Figura 53: Modificar una máquina virtual 1.

En la siguiente figura se muestra la pantalla en la que se puede configurar los dispositivos asociados a la máquina virtual.

**Configuración de Maquina Virtual**
**KVM 110**

Estado
Hardware
Opciones
Monitor

⬇ **Listado de dispositivos de hardware para MV 110**

Discos duros

Bus	Dispositivo	Tamaño (GB)	ID del Volumen
<span style="color: red;">⬇</span> VIRTIO	VIRTIO 0:0	20.00	LVMiSCSI:vm-110-disk-1

Unidades de CD-ROM

Bus	Dispositivo	Medio
<span style="color: red;">⬇</span> IDE	IDE 1:0	cdrom

Dispositivos ethernet

Modelo	Bridge	Dirección MAC
<span style="color: red;">⬇</span> virtio	vmbro	

Figura 54: Modificar una máquina virtual 2.

En la siguiente figura se muestra la pantalla de configuración de algunas opciones extra de la máquina virtual.

**Configuración de Maquina Virtual**
**KVM 110**

Estado
Hardware
Opciones
Monitor

**Opciones**

Dispositivo de arranque primario: HDD VIRTIO 0:0 (20.00GB) ↓

Dispositivo de arranque secundario: Floppy ↓

Dispositivo de arranque terciario: CD-ROM ↓

CPU Units: 1000

Reloj en Tiempo Real: default ↓

Adaptador Gráfico: default ↓

Disable KVM: ☐

Disable ACPI: ☐

Congelar CPU en el arranque: ☐

Start date:

➔ guardar

Figura 55: Modificar una máquina virtual 3.

Entre los datos proporcionados para crear una máquina virtual es necesario indicar el tipo de almacenamiento y el tamaño del disco duro. Es en este paso en el que se le puede indicar a Proxmox que utilice un almacenamiento local, NFS, iSCSI, etc., previamente definido. A continuación se muestra la pantalla de definición de almacenamientos.

**Storage**

**Lista de almacenamiento**

➔ Añadir Objetivo iSCSI

➔ Añadir NFS Compartido

➔ Añadir Grupo LVM

➔ Añadir Directorio

▼ iSCSI

➔ LVMiSCSI

Tipo	Permitido	Activo	Compartidos	(GB) empleados	Capacidad (GB)	
Directory	Yes	Yes	No	228.61	328.99	<div style="width: 69.49%; background-color: green; height: 10px;"></div> 69.49%
iSCSI	Yes	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a
LVMiSCSI	Yes	Yes	Yes	343.98	500.00	<div style="width: 68.80%; background-color: green; height: 10px;"></div> 68.80%

Figura 56: Configuración de almacenamiento.

Este almacenamiento puede ser gestionado por el sistema anfitrión con algún gestor de volúmenes, como LVM2 (3.1.4 *Sistema de gestión de volúmenes*), o puede gestionarlo como ficheros independientes.

En el ámbito de este proyecto, Proxmox configura el almacenamiento local en un directorio, de forma que cada disco duro se gestiona como un fichero independiente dentro del mismo sistema de ficheros, mientras que para discos iSCSI se recomienda utilizar LVM2.

Gracias a una configuración con LVM2 en discos iSCSI y a una configuración de los servidores en *cluster*, Proxmox proporciona la funcionalidad de migración de máquinas virtuales entre distintos nodos. Esta configuración, aunque más compleja de desplegar, será la empleada para cubrir los requisitos de alta disponibilidad del proyecto.

En la siguiente figura se presenta la pantalla de migración de máquinas virtuales entre los distintos nodos.

The screenshot shows the 'Maquinas Virtuales' (Virtual Machines) section of the Proxmox VE web interface. It features three tabs: 'Listado' (List), 'Crear' (Create), and 'Emigrar' (Migrate), with 'Emigrar' being the active tab. Below the tabs is a form titled 'Definir tarea de migración' (Define migration task). The form contains the following fields:

- 'Nodo de Origen:' (Source Node) with a dropdown menu showing 'prox1'.
- 'Nodo de Destino:' (Destination Node) with a dropdown menu showing 'prox2'.
- 'VMID:' with a dropdown menu showing 'please select'.
- 'Emigración en línea' (Live Migration) with an unchecked checkbox.

At the bottom of the form is a red button with a right-pointing arrow and the text 'migrate'.

Figura 57: Soporte de migración de máquinas virtuales.

Cuando se realiza la creación de una máquina virtual, LVM2 se encarga de hacer visible el dispositivo de almacenamiento en todos los nodos del *cluster* configurado. Sin embargo, cuando una máquina virtual es eliminada, esta sincronización no se efectúa, quedando definido un dispositivo sin utilización en el resto de nodos. Para evitar posibles problemas es recomendable retirar dicho dispositivo, para lo que se ha implementado un *script* que se debe ejecutar en cada nodo afectado, [vmcleandisk](#). La utilización de este *script* se encuentra detallada en el apartado 3.2.3 *Limpieza de dispositivos LVM2*.



Con la máquina virtual creada, desde la interfaz web de Proxmox se puede ordenar que la máquina virtual se encienda, apague, detenga o eliminarla con un simple clic, además de poder consultar el uso de memoria RAM y de disco de la máquina virtual.

Status				
Estado:	<b>stopped</b>			<input type="button" value="Inicio"/> <input type="button" value="Apagar"/> <input type="button" value="Detener"/> <input type="button" value="Remove"/>
Recurso	Actual	Máximo		
Utilización de la CPU:	0	100	0.00%	
Memoria (MB):	0	2048	0KB	

Figura 58: Estado de máquina virtual.

Cuando se enciende una máquina virtual, internamente QEMU interpreta el fichero de configuración de la máquina virtual y, a través de KVM, genera un proceso en el sistema anfitrión que representa la máquina virtual en funcionamiento. Para utilizar dicha máquina virtual es necesario conectarse a ella. En este sentido, QEMU proporciona una conexión VNC<sup>15</sup> con la máquina virtual y el propio Proxmox proporciona el enlace directo a un *applet* Java<sup>16</sup> que realiza esta conexión.

Status

Estado:running

Reestablecer

Apagar

Detener

Remove

Tiempo de actividad: 37 días 07:55:01

Open VNC console

Recurso	Actual	Máximo	
Utilización de la CPU:	0	100	0.00%
Memoria (MB):	1796	2048	1.75GB

Figura 59: Conexión VNC.

<sup>15</sup> *Virtual Network Computing*. Programa de software libre que permite conectar con un escritorio remoto.

<sup>16</sup> Programa Java que se ejecuta en un navegador web.

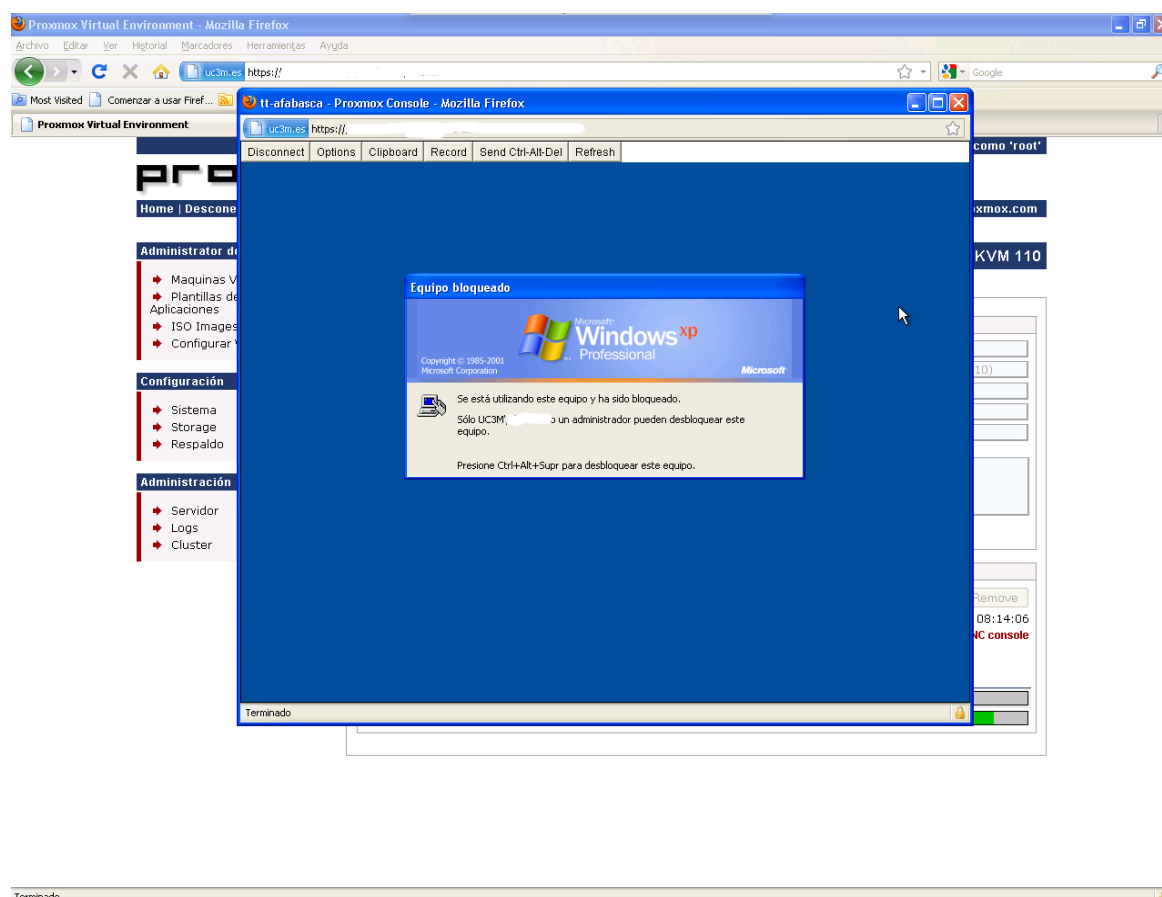


Figura 60: Máquina virtual mediante VNC.

De esta manera, cualquier administrador de la plataforma Proxmox dispondrá de acceso a las máquinas virtuales, pero es necesario proporcionar otro método de acceso para los teletrabajadores. En concreto, la opción de acceso requerida es la de escritorio remoto. Para ello, puesto que los sistemas huéspedes serán Windows, se propone la utilización del protocolo RDP de Microsoft para proporcionar el acceso por escritorio remoto. Desde el sistema Windows se puede activar el servidor de escritorio remoto, de manera que los usuarios configurados pueden disponer de acceso, utilizando un cliente RDP.

El cliente RDP a utilizar dependerá de cada uno de los teletrabajadores puesto que es una aplicación que ejecutarán en sus domicilios para poder conectarse a su máquina virtual de teletrabajo. A pesar de ello, se recomienda utilizar el propio cliente de Windows (conectar desde una máquina Windows con la máquina virtual que también es Windows) o alguna aplicación de software libre como Remmina, disponible para GNU/Linux. Ambas herramientas, además del protocolo se encuentran descritas en el apartado 3.3 *Infraestructura de los clientes*.

Desde cualquier cliente RDP que utilicen los teletrabajadores, la configuración mínima que deberán proporcionar es la dirección IP o el nombre DNS de su máquina virtual para permitir que el cliente se conecte con el servidor RDP de Windows de su máquina virtual. Una vez realizada la conexión deberán iniciar sesión en la máquina proporcionando su nombre de usuario y contraseña como personal de la UC3M. Para poder realizar esta conexión, por motivos de seguridad, será necesario

disponer de una dirección IP del dominio de la UC3M, para lo que se sugiere la utilización de una conexión VPN con la universidad (información relativa a seguridad de este proyecto en (González Piedra, 2011)).

## 4.4.2. Funcionalidad con scripts

En cuanto a la funcionalidad de redimensionar un disco duro de una máquina virtual, puesto que se trata de un almacenamiento gestionado con LVM2, simplemente hay que utilizar una de las herramientas que ofrece LVM2 para gestionar los volúmenes lógicos: *lvresize*. El uso de esta herramienta se encuentra explicado en el apartado 3.1.4.3 *Volumen Lógico*.

En cuanto al resto de funcionalidades, se han implementado dos *scripts de shell* que proporcionan la solución para clonación de una o varias máquinas virtuales por un lado y para la gestión de conjunto de un rango de máquinas virtuales.

Para facilitar el futuro uso de estos *scripts*, a continuación se muestran las instrucciones detalladas al ejecutar cada uno de los comandos sin ningún argumento:

```
Este script, realiza una copia de la maquina virtual indicada y lo coloca en un directorio temporal (/var/lib/vz/vztmp). Duplica dicha maquina hasta conseguir el numero de maquinas virtuales total indicado. Por ultimo, inicia todas las maquinas duplicadas y la maquina original.

Uso: ./vmclon <UMIDMaquinaOriginal> [<NumTotalMaquinas>]
      <UMIDMaquinaOriginal>: Identificador de la maquina plantilla.
      <NumTotalMaquinas>: Numero total de maquinas, incluida la plantilla, a las que se aplicara el script.

Si no se introduce el ultimo argumento, se creara una unica copia de la maquina introducida.
Por ejemplo si se introduce el comando 'vmclon 100 3' se crearan 2 nuevas maquinas virtuales a partir de la 100 y se lanzaran la 100, 101 y 102
```

Figura 61: Instrucciones de vmclon.

```
Este script arranca, detiene, apaga o elimina las maquinas indicadas en el rango. Si no se da el identificador de la ultima maquina maquina, unicamente se aplicara el script a la maquina inicial.

Uso: ./vmmanagement <start | stop | shutdown | destroy> <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]
      start: Inicia todas las maquinas.
      stop: Detiene todas las maquinas (bruscamente).
      shutdown: Apaga todas las maquinas (de forma segura).
      destroy: Elimina todas las maquinas.
      <MAQ_INICIO>: Numero identificador de la primera maquina a la que afectara el script.
      <MAQ_FIN>: Numero identificador de la ultima maquina a la que afectara el script.
```

Figura 62: Instrucciones de vmmanagement.

Mediante estos *scripts* se podrá gestionar cada uno de los servidores, ejecutando desde el intérprete de comandos cada uno de estos *scripts* con los parámetros adecuados.

- vmclon. Proporciona la posibilidad de clonar una máquina virtual cuantas veces se quieran. El *script* realizará las copias de la máquina virtual, aumentando su identificador en una unidad, por lo que el espacio de identificadores posterior a la máquina virtual origen debe ser lo

suficientemente amplio para evitar problemas. Este *script* dejará, tanto las copias de la máquina virtual como la máquina virtual origen, arrancadas.

- vmmanagement. Proporciona la posibilidad de efectuar acciones básicas, como encendido, apagado, detención y eliminación de máquinas virtuales, sobre un conjunto de máquinas virtuales concreto.

En el apartado 3.2 *Herramientas de gestión* desarrolladas se puede encontrar más información acerca de estos *scripts* y su funcionamiento.

En cuanto a la configuración de seguridad, se establecerá un *firewall* (3.1.6.1 *Shorewall*) para proteger contra accesos no deseados, tanto al servidor como a las máquinas virtuales. En términos generales, esta restricción se basará en restringir el acceso únicamente a usuarios que utilicen direcciones IP del dominio de la UC3M.

Además, se dispondrá de unas políticas de copias de seguridad de las máquinas virtuales para proporcionar a los teletrabajadores una posible recuperación ante fallos inesperados.

Igualmente, se proporcionará de un sistema de monitorización (3.1.6.2 *Zabbix*), tanto de las máquinas virtuales, como de los servidores para proporcionar estadísticas de uso, parámetros de rendimiento y ofrecer alertas para los casos en que los valores se salgan de los límites normales de utilización (consumo inusual de memoria de RAM, falta de espacio en algún disco duro, falta de conectividad con alguna máquina virtual, etc.).

Todos estos aspectos de seguridad serán cubiertos en (González Piedra, 2011), donde se podrá consultar en detalles las distintas medidas de seguridad llevadas a cabo en el proyecto.

## 4.5. Implantación del sistema

Después de haber realizado el análisis y diseño del sistema y puesto que no se trata de un proyecto de desarrollo al uso, el siguiente paso será el de implantar todos los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema.

Además de los pasos para desplegar la plataforma, se establecerán los pasos necesarios para insertar las máquinas virtuales. Estos pasos serán válidos para futuras ampliaciones que se desarrollen en el sistema, con las inserciones de nuevas máquinas virtuales.

### 4.5.1. Instalación de los servidores

La instalación del sistema en los distintos servidores resulta un proceso muy sencillo, ya que Proxmox se distribuye como una imagen ISO<sup>17</sup> arrancable que proporciona un instalador gráfico con unos sencillos pasos a seguir.

En primer lugar aparece una pantalla de arranque del dispositivo extraíble con la imagen ISO cargada. Únicamente hay que presionar “enter” para que la instalación comience.



Figura 63: Instalación de Proxmox 1.

En el siguiente paso se muestra la licencia GPL con las condiciones. Pulsando “I agree” se continúa con la instalación.

<sup>17</sup> Una imagen ISO es un archivo donde se almacena una copia exacta de un sistema de ficheros (disco compacto, disco óptico, USB,...).

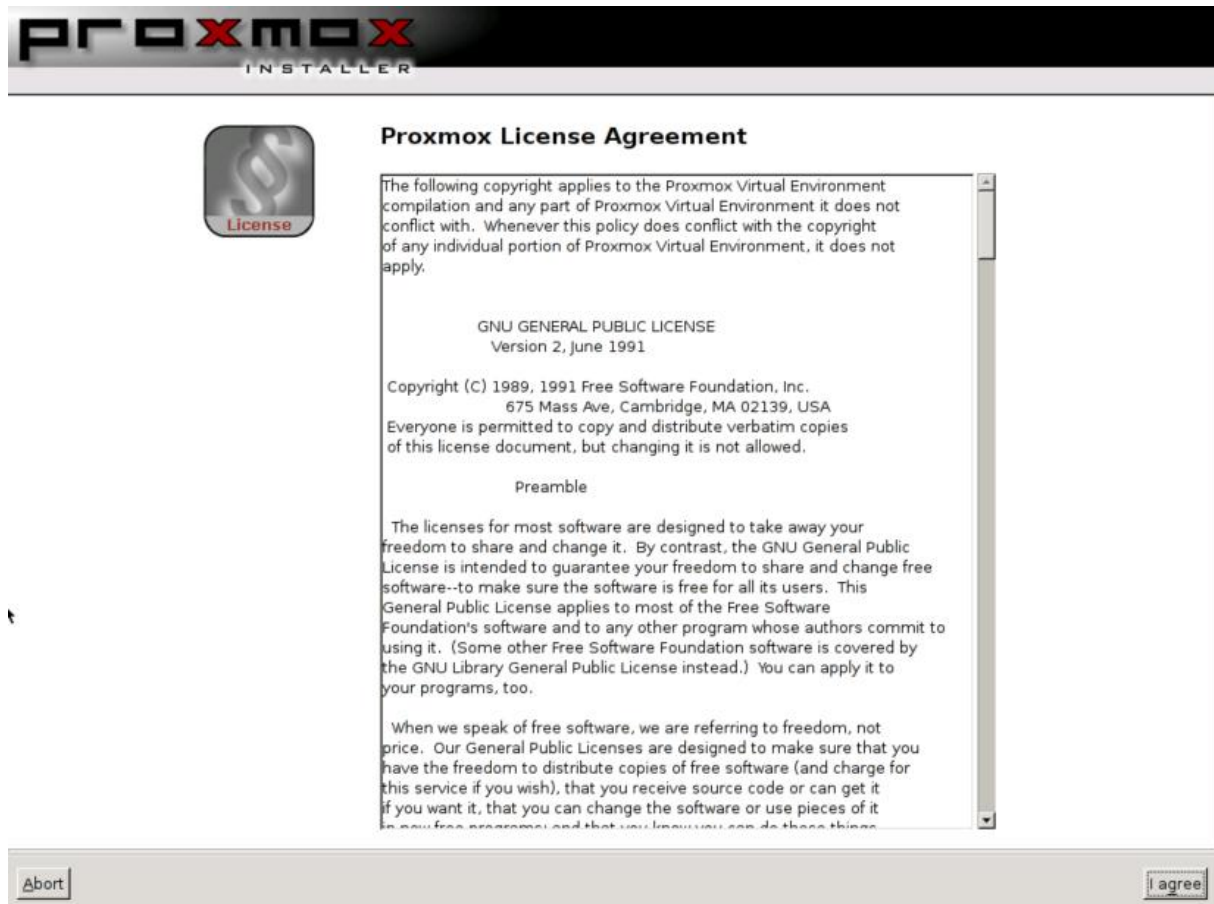


Figura 64: Instalación de Proxmox 2.

En el siguiente paso simplemente el instalador detecta el disco duro donde realizará la instalación. Se pulsa "Next" para pasar al siguiente paso.

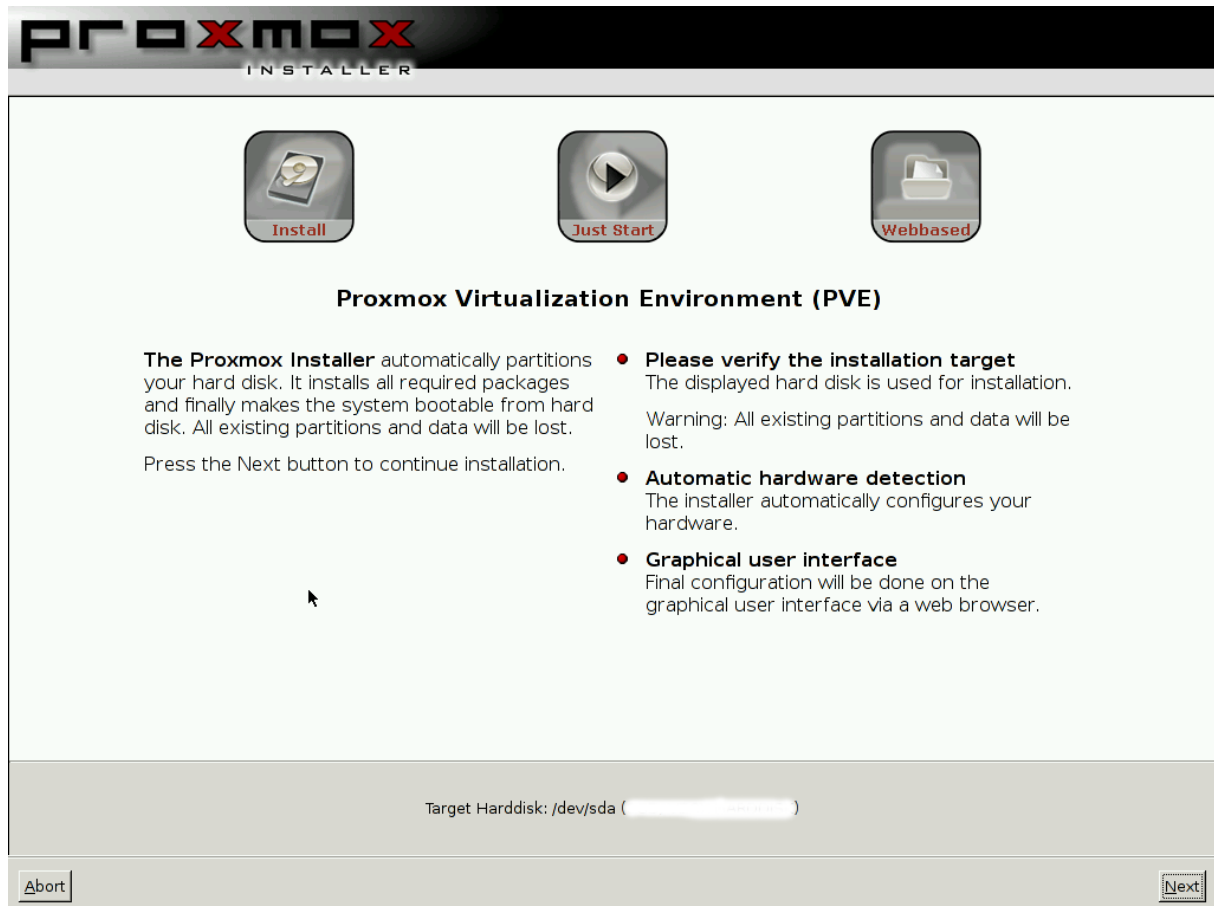


Figura 65: Instalación de Proxmox 3.

A continuación se debe realizar la configuración regional del sistema. Pulsando “Next” se continúa con el siguiente paso.

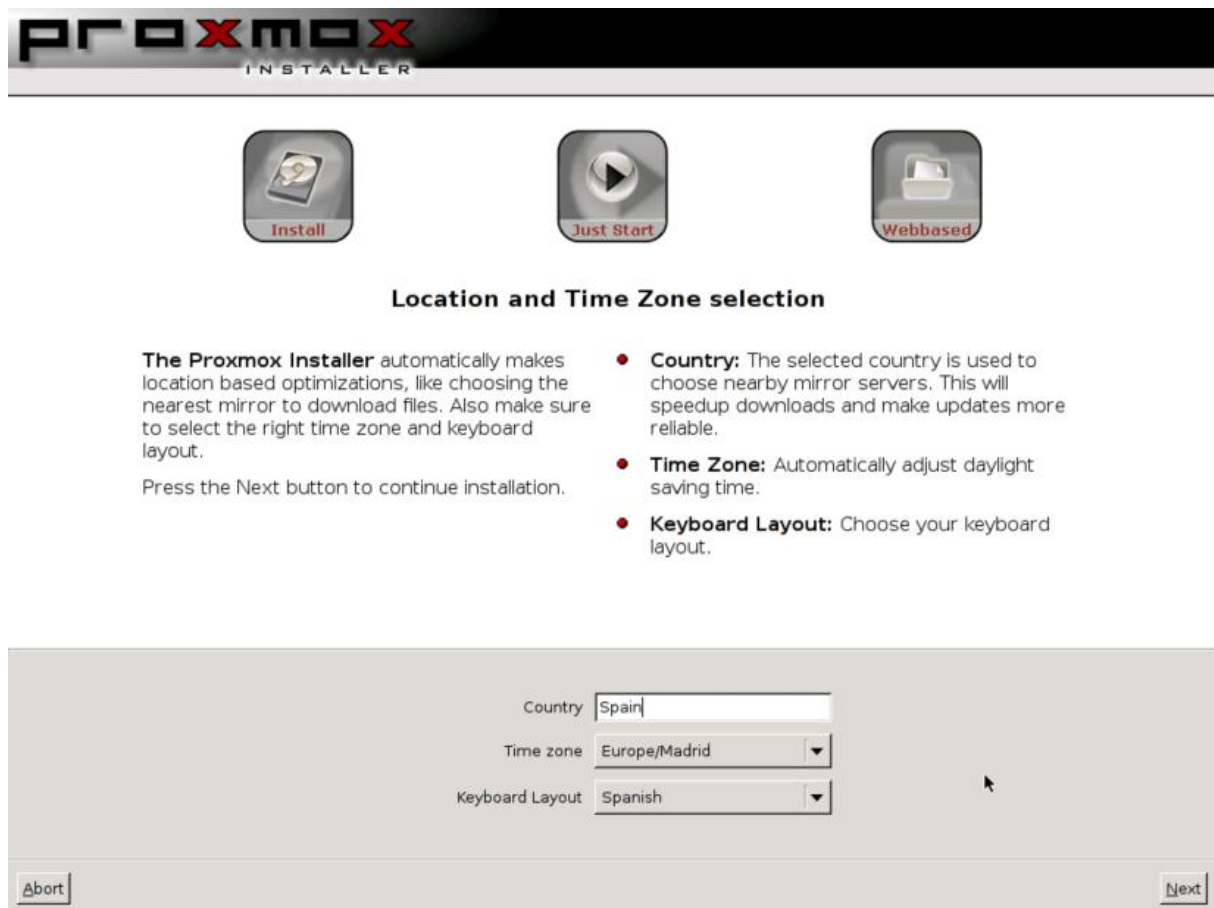


Figura 66: Instalación de Proxmox 4.

En el siguiente paso se debe configurar la contraseña para el usuario “root”, con la que se podrá acceder tanto vía web como por SSH<sup>18</sup> al servidor, usando la cuenta de *root*. Además, se debe proporcionar una dirección de correo de administrador, a la que llegarán todas las notificaciones del sistema. Pulsando “Next” se accede al siguiente paso.

<sup>18</sup> *Secure SHell*. Protocolo y programa que sirve para acceder a máquinas remotas mediante un intérprete de comandos.



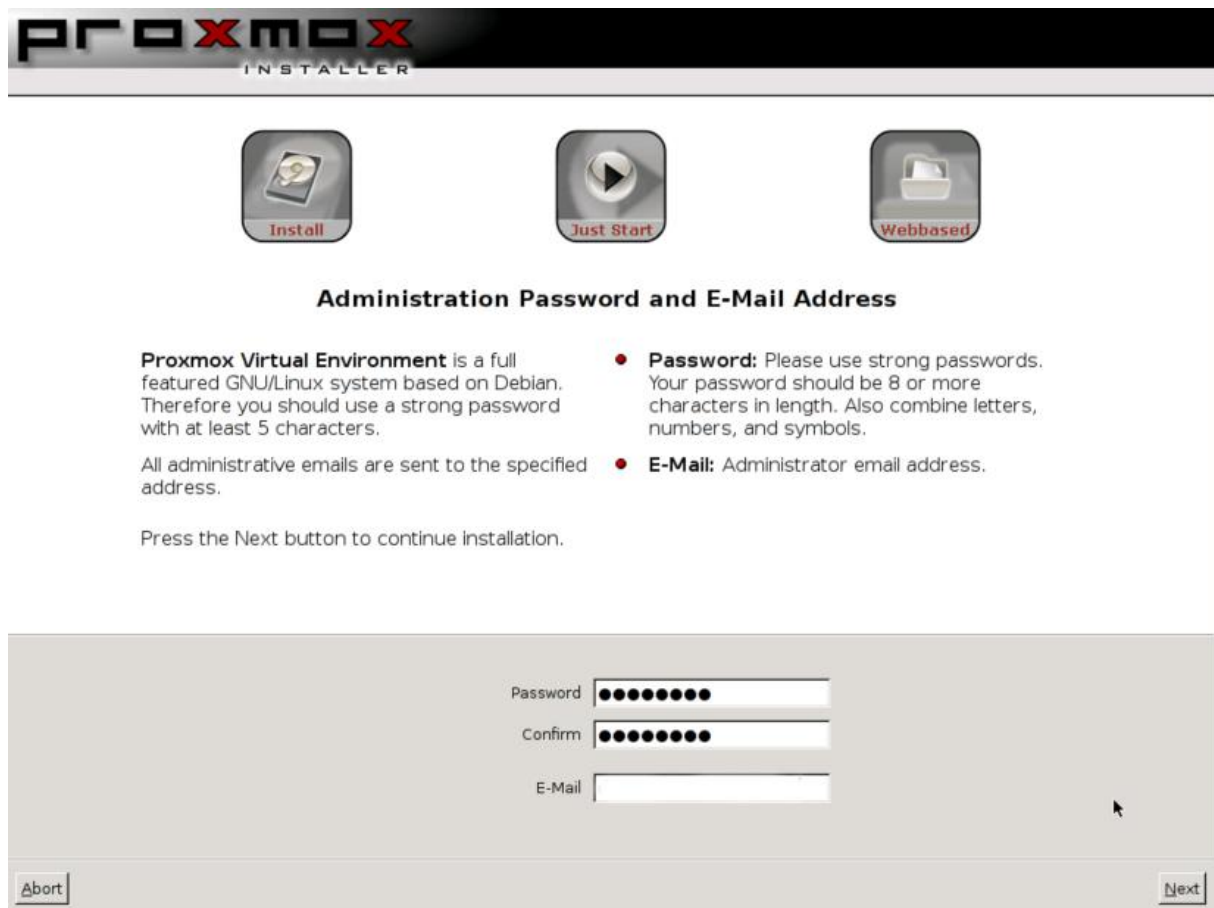


Figura 67: Instalación de Proxmox 5.

En este paso se debe realizar la configuración de red del sistema, asignando un nombre a la máquina en formato FQDN<sup>19</sup>, la dirección IP junto con la máscara de red, así como una dirección de puerta de enlace y un servidor DNS<sup>20</sup>. Pulsando “Next” se pasa al siguiente paso.

<sup>19</sup> *Fully Qualified Domain Name*. Se trata de un nombre que incluye el nombre de la máquina y el nombre de dominio asociado a ese equipo. Por ejemplo si una máquina se llama “ejemplo” y se encuentra en el dominio “prueba.org”, el FQDN sería “ejemplo.prueba.org”.

<sup>20</sup> *Domain Name System*. Se trata de un sistema de nombres de dominio para las distintas máquinas de una red que se organiza de manera jerárquica.

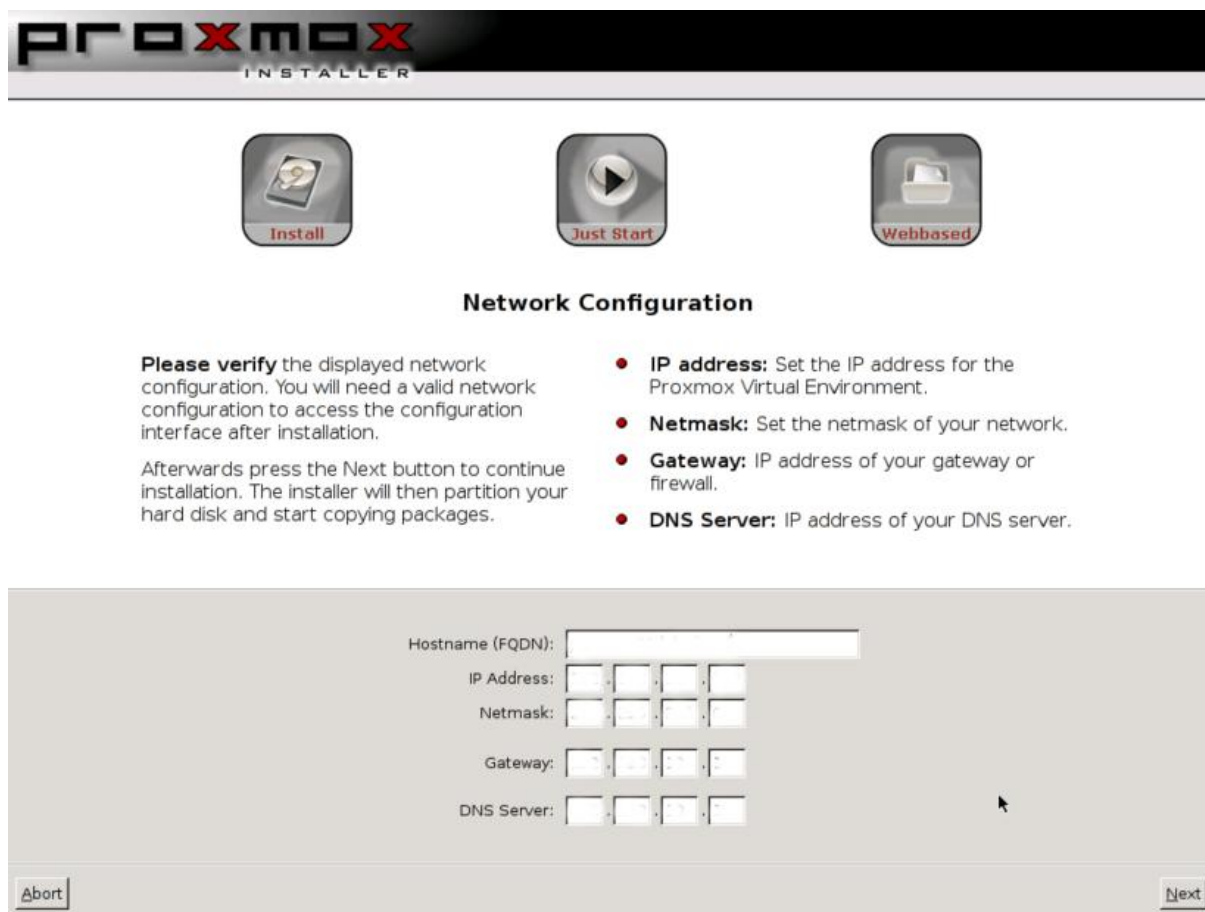


Figura 68: Instalación de Proxmox 6.

A partir de ese momento, comienza la instalación del sistema.

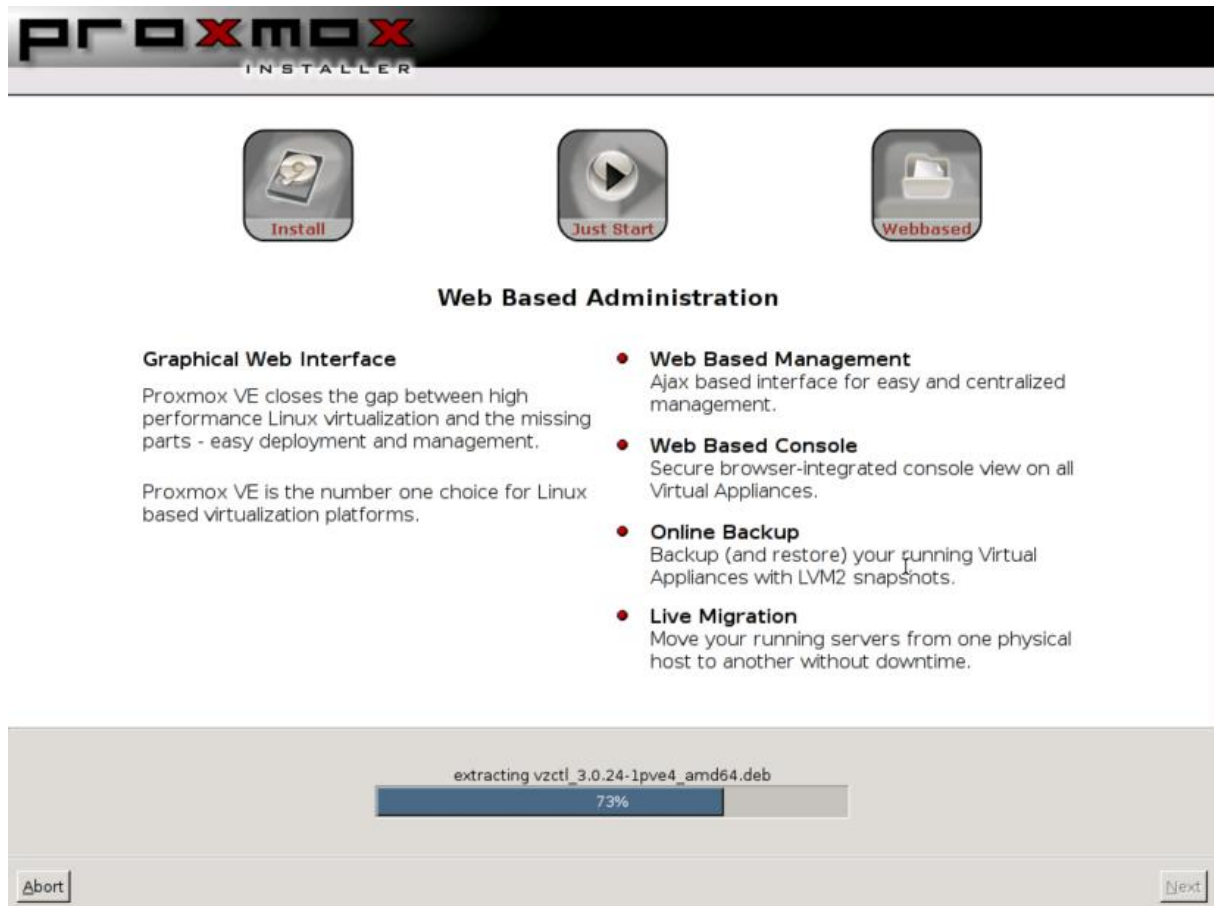


Figura 69: Instalación de Proxmox 7.

Cuando termina la instalación, simplemente habrá que pulsar en “Reboot” para reiniciar la máquina y el proceso habrá terminado.

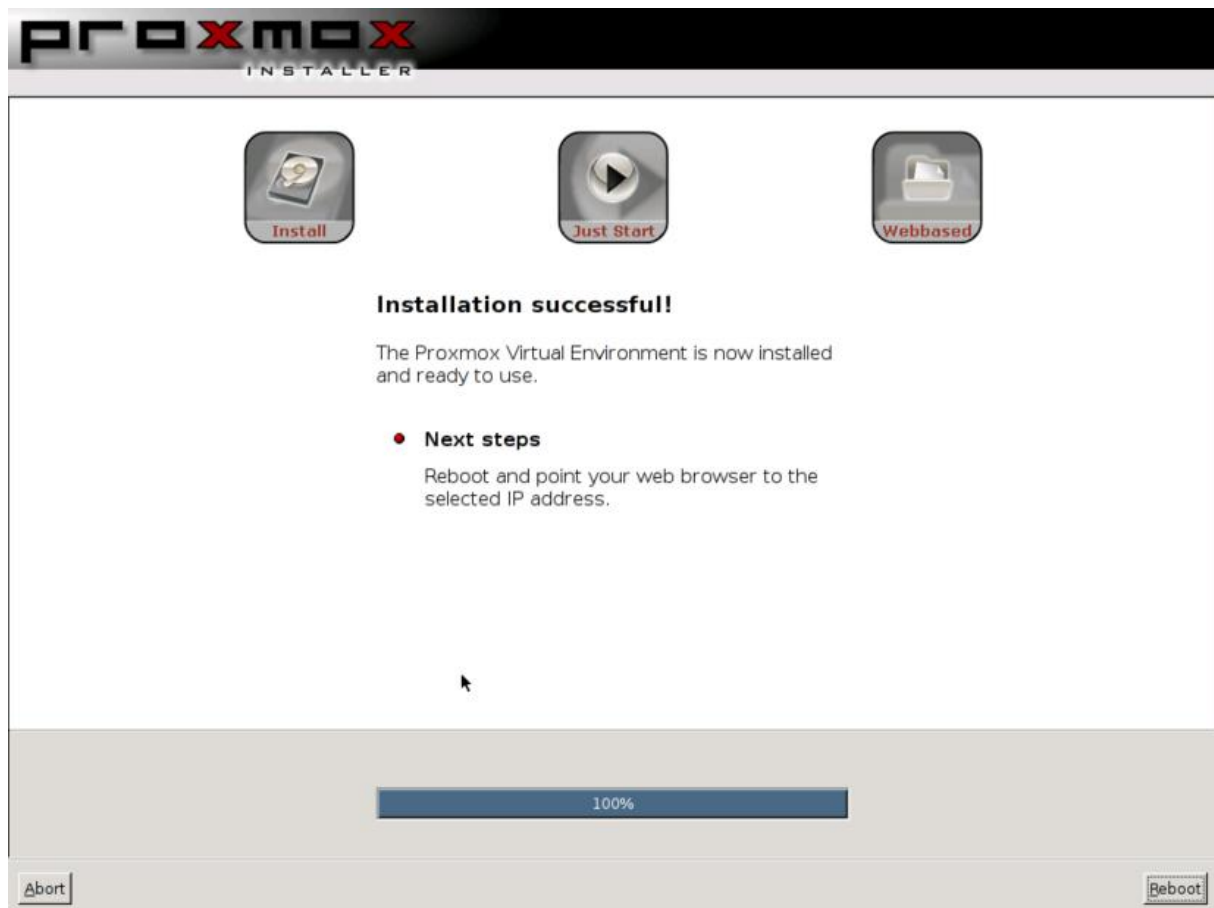


Figura 70: Instalación de Proxmox 8.

## 4.5.2. Configuración del sistema

En este momento es necesario realizar algunas configuraciones sobre el sistema para obtener el mayor rendimiento posible.

En concreto, puesto que cada uno de los servidores viene provisto con dos interfaces de red, es necesario configurar estos adaptadores para poder aprovechar ambos (puesto que Proxmox sólo configura una de las interfaces por defecto). Igualmente, se realizará una configuración en *cluster* de los dos servidores para proporcionar la funcionalidad de migración de máquinas virtuales entre los distintos nodos, así como una administración centralizada en el nodo maestro. Por último, se realizará una configuración del *firewall* para proporcionar seguridad ante accesos no deseados, tanto a los servidores como a las máquinas virtuales, así como un cliente de monitorización en cada uno de los servidores para poder consultar datos sobre la utilización de los recursos de éstos.

### 4.5.2.1. Configuración de red

Como se ha comentado anteriormente, se dispone de dos adaptadores de red en cada servidor. En primer lugar se baraja la posibilidad de utilizar una

configuración en *bond*<sup>21</sup> para aumentar el ancho de banda disponible y poder realizar balanceo de carga automáticamente. Sin embargo, después de probar varias configuraciones y realizar algunas pruebas, se desestima la opción debido a que el cuello de botella es detectado en el acceso al disco duro en red y no en el ancho de banda disponible desde los servidores.

Así, se opta por una configuración, que además se suele recomendar, que es configurar uno de los adaptadores de red exclusivamente para el almacenamiento y el otro para las máquinas virtuales.

De esta manera, se configura el adaptador red de almacenamiento en la misma subred que éste para poder tener acceso. Con el otro adaptador de red se configura un *bridge*<sup>22</sup>, necesario para que Proxmox se comunice con las máquinas virtuales.

Además, con la previsión de posibles futuras ampliaciones, el bridge se configura en una VLAN concreta, la correspondiente a la subred configurada en las máquinas virtuales. De esta forma, si en el futuro se quisieran añadir nuevas máquinas virtuales en una subred diferente, bastaría con definir un segundo bridge configurado en la VLAN correspondiente a esa segunda subred.

#### 4.5.2.2. Configuración en cluster

El proceso a seguir es muy sencillo, hay que configurar uno de los nodos como maestro (desde el que se gestionarán todos los servidores) y añadir el segundo servidor como nodo esclavo.

Para ello hay que ejecutar el siguiente comando en el nodo que se quiere configurar como maestro:

```
pveca -c
```

Se puede ejecutar el siguiente comando para comprobar que el nodo maestro ya ha sido configurado:

```
pveca -l
```

El siguiente paso es añadir el otro nodo como esclavo al *cluster*, para lo que habrá que proporcionar la dirección IP del nodo maestro:

```
pveca -a -h <IP_MAESTRO>
```

<sup>21</sup> Técnica por la cual dos o más dispositivos de red físicos pasan a formar un único dispositivo de red lógico, proporcionando balanceo de carga, así como mayor fiabilidad ante posibles caídas de alguno de los interfaces o un mayor ancho de banda.

<sup>22</sup> Dispositivo físico o virtual que se encarga de interconectar dos segmentos de red.

Después de verificar que en el listado de *cluster* aparecen los dos nodos sin problemas, la plataforma queda lista para beneficiarse de las ventajas de la configuración en *cluster*.

```

~# pveca -l
CID-----IPADDRESS-----ROLE-STATE-----UPTIME---LOAD---MEM---DISK
1 :          M      A  40 days 12:53  0.06  55%  29%
2 :          N      A  39 days 15:52  0.00  49%  33%

```

Figura 71: Configuración en cluster.

#### 4.5.2.3. Configuración de seguridad

En cuanto a la configuración del *firewall* a realizar, se utiliza la herramienta Shorewall (3.1.6.1 *Shorewall*) para restringir los accesos, tanto a los servidores como a las máquinas virtuales. Se permite cualquier acceso al exterior, tanto de las máquinas virtuales como de los servidores y se permite cualquier acceso desde el exterior, tanto a las máquinas virtuales como a los servidores, siempre que se esté bajo el dominio de la UC3M.

Se instala un cliente de monitorización (3.1.6.2 *Zabbix*) configurado para informar al servidor de monitorización de diversos parámetros de los servidores para llevar un histórico y un control sobre éstos.

Los detalles de esta configuración se pueden consultar en (González Piedra, 2011).

### 4.5.3. Configuración de almacenamiento

La configuración del almacenamiento local se configura automáticamente con la instalación de Proxmox, la cual realiza un particionamiento con LVM2. Además, Proxmox deja configurada una ruta del sistema de archivos (*/var/lib/vz/*) como lugar predeterminado de almacenamiento local para las máquinas virtuales que se vayan creando.

Ha iniciado la sesión como 'root'

**proxmox**

Home | Desconectar Proxmox Virtual Environment 1.7 www.proxmox.com

**Administrador de MV**

- Maquinas Virtuales
- Plantillas de Aplicaciones
- ISO Images

**Configuración**

- Sistema
- Storage
- Respaldo

**Administración**

- Servidor
- Logs
- Cluster

**Storage**

Editar Directorio

Storage Name:  Permitir: ☒

Directory:  Compartidos: ☐

Contenido:

- Virtual Disks ☒
- ISO Images ☒
- OpenVZ Containers ☒
- OpenVZ Templates ☒

guardar

Figura 72: Pantalla de configuración del almacenamiento local predeterminado.

En el caso de la configuración de almacenamiento en red, la configuración es más compleja. Como se contaba en el apartado 4.3.2 *Infraestructura Hardware*, se dispone de una cabina de almacenamiento con conexión mediante fibra óptica y con la conectividad a ella replicada.

Para poder utilizar esta infraestructura es necesario que los servidores tengan acceso a la cabina. Para conseguir esto es necesario seguir los pasos que se indicaron en el apartado 3.1.3 *Sistema de almacenamiento*, de manera que los dos caminos disponibles hacia la cabina aparezcan en el sistema como si de dispositivos físicos se tratara.

Una vez generados estos dispositivos, se configura para que se realice la conexión con ellos cada vez que la máquina inicia. Esto se realiza cambiando un parámetro del fichero `/etc/iscsi/iscsid.conf`. Hay que cambiar el valor de la variable “node.startup” de “manual” a “automatic”.

A continuación, la configuración que habrá que realizar en Proxmox será la siguiente:

- Crear objetivo iSCSI.
- Crear grupo de volúmenes lógicos.

En primer lugar es necesario crear un objetivo iSCSI para que Proxmox tenga constancia del dispositivo de almacenamiento en red que se está intentando utilizar. Para ello se debe proporcionar una de las direcciones IP donde se está proporcionando el almacenamiento, escanearla y seleccionar uno de los nodos:

The screenshot shows the Proxmox Virtual Environment 1.7 web interface. At the top, a status bar indicates 'Ha iniciado la sesión como 'root''. The main header features the Proxmox logo and navigation links: 'Home | Desconectar', 'Proxmox Virtual Environment 1.7', and 'www.proxmox.com'. A left sidebar contains three main sections: 'Administrador de MV' with links to 'Maquinas Virtuales', 'Plantillas de Aplicaciones', and 'ISO Images'; 'Configuración' with links to 'Sistema', 'Storage', and 'Respaldo'; and 'Administración' with links to 'Servidor', 'Logs', and 'Cluster'. The main content area is titled 'Storage' and displays the 'Editar Objetivo iSCSI' form. This form includes input fields for 'Storage Name' (containing 'iSCSI'), 'Portal', and 'Target' (containing 'iqn.1992-04.com.emc:cx.ck200'). It also has checkboxes for 'Permitir:' (checked) and 'Use directamente LUN's:' (unchecked). A red 'guardar' button is located at the bottom left of the form.

Figura 73: Pantalla de configuración del objetivo iSCSI.

Después de esta configuración, siguiendo las recomendaciones de Proxmox, se debe crear un grupo de volúmenes lógicos para utilizar con el almacenamiento en red. Antes de crear este tipo de almacenamiento en Proxmox, es necesario realizar una configuración del disco en red desde línea de comandos (*3.1.4 Sistema de gestión de volúmenes*).

Primero hay que indicarle a LVM que debe gestionar el disco en red, para lo que se le proporcionará la ruta del volumen principal del disco.

```
pvccreate /dev/sdX
```

Después se debe crear un grupo de volúmenes, indicando que volúmenes físicos formaran parte del grupo, en este caso únicamente el volumen que se acaba de configurar, e indicando un nombre para el grupo.

```
vgcreate <NOMBRE_GRUPO> /dev/sdX
```

Finalmente, ya se puede crear el grupo de volúmenes desde Proxmox, indicando el nombre del grupo creado anteriormente.



The screenshot shows the Proxmox web interface. At the top, a status bar indicates 'Ha iniciado la sesión como 'root''. Below this is the Proxmox logo and navigation links: 'Home | Desconectar', 'Proxmox Virtual Environment 1.7', and 'www.proxmox.com'. The left sidebar contains three main sections: 'Administrador de MV' with links to 'Maquinas Virtuales', 'Plantillas de Aplicaciones', and 'ISO Images'; 'Configuración' with links to 'Sistema', 'Storage', and 'Respaldo'; and 'Administración' with links to 'Servidor', 'Logs', and 'Cluster'. The main content area is titled 'Storage' and displays the 'Editar Grupo LVM' form. The form fields are: 'Storage Name' (LVMiSCSI), 'Volumen Base' (iSCSI:0.0.17.scsi-LUN\_SCSI), 'Nombre del Volumen del Grupo' (iscsi), 'Permitir' (checked), 'Compartidos' (checked), and 'Contenido' (Virtual Disks). A 'guardar' button is at the bottom left of the form.

Figura 74: Pantalla de configuración del grupo de volúmenes lógicos.

Una vez creado este grupo de volúmenes lógicos en Proxmox, el sistema ya estaría configurado para comenzar a utilizar máquinas virtuales que hagan uso de este almacenamiento.

Además de esta configuración, tanto en línea de comandos como en Proxmox, ya que la cabina dispone de la conectividad replicada y proporciona dos caminos de acceso, se configura un sistema *multipath* para proporcionar resistencia ante posibles fallos de conectividad. Esta configuración consiste en el fichero */etc/multipath.conf*. En él se recogen algunos parámetros como el identificador del dispositivo de la cabina o el tipo de selector de camino a utilizar.

Después de configurar este fichero y reiniciar los servicios de *multipath*, el sistema queda preparado para su utilización, ofreciendo alta disponibilidad del servicio.

#### 4.5.4. Configuración de máquina virtual inicial

Se procede a crear una primera máquina virtual que sirva como plantilla inicial para realizar pruebas de funcionamiento y de rendimiento en la plataforma y la que se irá ampliando a medida que avance el desarrollo del proyecto. A esta primera máquina se le asignan los siguientes recursos:

- Procesador: 2 CPUs.
- Memoria RAM: 2GB.
- Disco duro: 15GB.

- Tipo de disco duro: IDE.
- Tarjeta de red: rtl8139.

Con esta configuración, se arranca la máquina virtual y se instala el sistema operativo Windows XP.

Con el sistema huésped instalado, se procede a instalar todas las actualizaciones posibles, además de algunas aplicaciones básicas como un antivirus/*firewall*, un compresor de archivos, un visor de ficheros PDF o Microsoft Office.

Con esta máquina virtual configurada, ya se pueden comenzar a realizar pruebas de rendimiento sobre la plataforma.

### 4.5.5. Comprobaciones de rendimiento

Para llevar a cabo estas comprobaciones de rendimiento, se realizan una serie de pruebas, detalladas en el apartado 4.6.2 *Pruebas de rendimiento*.

Estas pruebas consisten en el establecimiento de un cierto número de máquinas virtuales que utilizan el máximo de sus recursos simultáneamente. Para conseguir que las máquinas virtuales utilicen el máximo de sus recursos se utiliza la herramienta HeavyLoad, documentada en el apartado 3.1.5 *Aplicaciones de medición de rendimiento*, en conjunción con otro tipo de herramientas de monitorización del uso de recursos como *htop*, *atop* e *iostat*, todas ellas documentadas en el apartado referido anteriormente.

Después de diversas pruebas de rendimiento realizadas, se concluye que el cuello de botella se encuentra en el acceso al disco duro en red por parte de todas las máquinas virtuales simultáneamente, generando tiempos de procesador en espera por procesos de lectura y escritura en el dispositivo de almacenamiento. Después de estos resultados se decide modificar, tanto el tipo de disco duro como la tarjeta de red. Se establecen los siguientes tipos:

- Tipo de disco duro: VIRTIO.
- Tarjeta de red: virtio.

Estos tipos de disco duro y de tarjeta de red requieren de drivers específicos en la máquina huésped y, por tanto, se procede a su instalación. Se trata de drivers paravirtualizados que proporcionan una mejora considerable de rendimiento a la máquina virtual en general debido a que se mejoran las comunicaciones y el acceso a disco entre la máquina virtual y el sistema anfitrión.

Con esta nueva configuración, se realizan nuevas pruebas de rendimiento y se comprueba que, efectivamente, con los drivers paravirtualizados los resultados son mucho mejores. En concreto, se comprueba que la plataforma soporta cómodamente la ejecución de 30 máquinas virtuales en cada servidor, compartiendo el disco duro en red.

### 4.5.6. Convocatoria de teletrabajadores

Mientras que se realizan las comprobaciones de rendimiento de la plataforma, la UC3M realiza una convocatoria de teletrabajadores para decidir qué personas serán las asignadas al proyecto y podrán utilizar una máquina virtual en teletrabajo.

Tomadas las decisiones pertinentes, y seleccionado el grupo de 15 trabajadores asignados al proyecto, el grupo CAU (Centro de Atención a Usuarios) en colaboración con la OSL se encargan de instalar las aplicaciones específicas requeridas por el conjunto de teletrabajadores para completar una máquina virtual inicial que sirva a modo de plantilla.

Durante este proceso se comprueba que la configuración inicial de las máquinas virtuales resulta un poco escasa en términos de almacenamiento debido a los requerimientos de los teletrabajadores. Así, se realiza una ampliación del disco duro hasta los 20GB de capacidad.

Finalizado este proceso de adaptación de las máquinas virtuales, se estará en disposición de desplegar las copias pertinentes para cada uno de los teletrabajadores y pasar a realizar unas comprobaciones finales.

### 4.5.7. Inserción de máquinas virtuales en la plataforma

Para realizar la inserción de las máquinas virtuales para los teletrabajadores a partir de la máquina virtual inicial se utilizará el *script* de clonación de máquinas virtuales descrito en el apartado 3.2.1 *Clonación de máquinas virtuales*.

Con la utilización de esta herramienta se logra replicar la máquina virtual inicial 15 veces, una para cada teletrabajador, repartiendo entre los dos servidores: 8 máquinas virtuales en el servidor maestro y 7 en el nodo esclavo.

Posteriormente, es necesario acceder máquina por máquina y configurar ciertos parámetros personalizados según el teletrabajador. Esta configuración se realiza a cargo de la OSL y del CAU.

En primer lugar, la configuración a realizar por la OSL:

- Nombre de la máquina.
- Dirección IP de la máquina.
- Incluir la máquina en el dominio de la UC3M.
- Solicitar un registro DNS para el nombre de la máquina virtual.
- Configuración del cliente de monitorización.

Configuración a realizar por el CAU:

- Configuración del usuario concreto.
- Restricciones de acceso para el usuario.

Después de realizar estas configuraciones personalizadas, únicamente restaría realizar algunas comprobaciones finales para asegurar que todo es correcto (*backup*, monitorización).

### 4.5.8. Comprobaciones y configuraciones finales

Además de verificar que el acceso a las máquinas virtuales está disponible, se realizan unas configuraciones y comprobaciones en cuanto a seguridad. La configuración de seguridad se describirá a grandes rasgos únicamente ya que, como se viene comentando a lo largo del proyecto, estas funcionalidades serán cubiertas por el proyecto que da continuación a este (González Piedra, 2011).

Los aspectos a configurar y comprobar en términos de seguridad se pueden dividir en dos:

- Monitorización.
- Backup.

En cuanto a monitorización. Se configura un servidor de monitorización externo que se conecta con el cliente instalado en las máquinas virtuales para poder monitorizar distintos parámetros interesantes del sistema y alertar cuando haya valores fuera de los límites de servicio. También se encarga de generar gráficos sobre el uso de los recursos, tanto de los servidores como de las máquinas virtuales. Se comprueba que este servidor de monitorización tiene acceso al cliente configurado en cada máquina virtual y recoge los valores monitorizados correctamente. Se verifica además que las alertas configuradas funcionan adecuadamente cuando se requieren y que los gráficos obtenidos sobre la utilización de los recursos despliegan datos correctos.

Por último, en cuanto al sistema de *backup*. Se proporciona un servicio de copias de seguridad a los teletrabajadores a dos niveles. Desde la OSL se proporciona una ventana de copias de seguridad de dos copias semanales de cada máquina virtual, manteniendo almacenadas siempre las copias de las dos últimas semanas. Estas copias de seguridad se realizan los lunes y jueves por la noche para entorpecer lo menos posible el trabajo de los teletrabajadores en cuanto a rendimiento (el sistema está disponible incluso durante el *backup*). De esta manera, si surgiera algún problema con las máquinas virtuales, los teletrabajadores podrían recuperar datos importantes a partir de estas copias de seguridad. Se comprueba que los tiempos de copia de seguridad son asumibles y se programa el servicio de *backup* en base a estos tiempos (la copia de seguridad de todas las máquinas de uno de los días deberá ser realizada antes de que el servicio de *backup* corporativo comience su proceso). También se comprueba que la restauración de una copia de seguridad se realiza adecuadamente y que la máquina virtual permanece estable.

En un nivel más de seguridad, se proporciona un sistema de copia de seguridad corporativo. Este sistema de copia de seguridad es proporcionado por la UC3M y la ventana de copia de seguridad disponible para las máquinas de teletrabajo es de una copia semanal por cada máquina virtual. Esta copia de seguridad se corresponderá con la misma realizada por la OSL los jueves por la noche. Mediante este servicio,

quedaría cubierto un segundo nivel de fallo que pudiera sucederse en el ámbito de la OSL. Se comprueba que las copias de seguridad realizadas los jueves están accesibles por el proceso de copia de seguridad corporativo.

Finalizadas estas últimas comprobaciones y previa comprobación de las pruebas de aceptación (apartado 4.6.1 *Pruebas de aceptación*), el proyecto pasa a la fase de producción.

## 4.6. Plan de pruebas

En este apartado se detallarán las pruebas realizadas a lo largo del desarrollo del proyecto para verificar que todos los requisitos del sistema han quedado satisfechos y que todas las funcionalidades funcionan correctamente, además de las pruebas de rendimiento necesarias para comprobar las capacidades de la plataforma.

### 4.6.1. Pruebas de aceptación

Para la consecución de las pruebas de aceptación del sistema se realizan pruebas sobre todas las funcionalidades relacionadas con los requisitos del software funcionales para verificar que todos estos requisitos quedan cubiertos de manera satisfactoria. Se tendrá en cuenta que existen requisitos que no son satisfechos por este proyecto y que, por tanto, no existirán pruebas que estén relacionadas con ellos.

Identificador: PA-01	
<b>Título:</b>	Acceder a una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba el acceso a una máquina virtual remotamente por parte de un teletrabajador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-01, RSF-02
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Acceder al cliente de escritorio remoto RDP.</li><li>2. Introducir la dirección IP o el nombre DNS de la máquina virtual.</li><li>3. Confirmar la conexión con la máquina virtual.</li><li>4. Introducir los datos de inicio de sesión en Windows XP.</li><li>5. Confirmar los datos de acceso.</li></ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Utilización de la máquina virtual remota posible.

Tabla 103: Prueba de aceptación PA-01.

Identificador: PA-02	
<b>Título:</b>	Crear una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la creación de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-04, RSF-05.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la opción de crear una máquina virtual.</li> <li>3. Rellenar los datos necesarios para crear la máquina virtual en la pantalla de creación de máquinas virtuales, rellenando los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de virtualización a utilizar.</li> <li>- Identificador de la máquina virtual.</li> <li>- Nombre a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tamaño de disco duro a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Tipo de almacenamiento del disco duro.</li> <li>- Tipo de disco duro.</li> <li>- Formato de la imagen de disco duro.</li> <li>- Tipo de tarjeta de red a asignar a la máquina virtual.</li> <li>- Adaptador de red local a utilizar.</li> <li>- Dirección MAC del dispositivo.</li> <li>- Nodo en el que almacenar la máquina virtual.</li> <li>- Medio a utilizar para la instalación del sistema operativo.</li> </ul> </li> <li>4. Confirmar la creación de la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Nueva máquina virtual en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 104: Prueba de aceptación PA-02.

Identificador: PA-03	
<b>Título:</b>	Modificar una máquina virtual.

Identificador: PA-03	
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la modificación de la configuración de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual que se quiere modificar.</li> <li>3. Modificar los datos que se quieran en la pantalla de configuración de la máquina virtual, rellenando los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de la máquina virtual.</li> <li>- Cantidad de memoria RAM de la máquina virtual.</li> <li>- Número de procesadores de la máquina virtual.</li> <li>- Número de núcleos por cada procesador de la máquina virtual.</li> </ul> </li> <li>4. Confirmar la modificación de los datos de la máquina virtual.</li> <li>5. Acceder a la configuración de otras opciones de la máquina virtual.</li> <li>6. Modificar los datos que se quieran en la pantalla de configuración de otras opciones de la máquina virtual, rellenando los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orden de arranque de dispositivos de la máquina virtual.</li> <li>- Tipo de reloj en tiempo real de la máquina virtual.</li> <li>- Tipo de adaptador gráfico de la máquina virtual.</li> </ul> </li> <li>7. Confirmar la modificación de los datos de la máquina virtual.</li> <li>8. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>9. Seleccionar el dispositivo extraíble a modificar.</li> <li>10. Establecer el medio a utilizar para arrancar desde un dispositivo extraíble.</li> <li>11. Confirmar la modificación del medio a utilizar.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con las modificaciones realizadas.

Tabla 105: Prueba de aceptación PA-03.

Identificador: PA-04	
<b>Título:</b>	Añadir un disco duro a una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la inserción de un disco duro a una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-08, RSF-09.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual a la que se quiere añadir un nuevo disco duro.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de insertar un nuevo disco duro.</li> <li>5. Rellenar los datos necesarios para crear un nuevo disco duro en la pantalla de inserción de disco duro a una máquina virtual: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño del disco duro.</li> <li>- Tipo de almacenamiento.</li> <li>- Tipo de disco duro.</li> <li>- Formato de la imagen del disco duro.</li> </ul> </li> <li>6. Confirmar la inserción del nuevo disco duro a la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con un disco duro más.

Tabla 106: Prueba de aceptación PA-04.

Identificador: PA-05	
<b>Título:</b>	Eliminar un disco duro de una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la eliminación de un disco duro de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-10.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual de la que se quiere eliminar un disco duro.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de eliminar el disco duro que se quiera.</li> <li>5. Confirmar la eliminación del disco duro de la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con un disco duro menos.



Tabla 107: Prueba de aceptación PA-05.

Identificador: PA-06	
<b>Título:</b>	Añadir una tarjeta de red a una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la inserción de una tarjeta de red a una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-11, RSF-12.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual a la que se quiere añadir una nueva tarjeta de red.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de insertar una nueva tarjeta de red.</li> <li>5. Rellenar los datos necesarios para crear una nueva tarjeta de red en la pantalla de inserción de tarjeta de red a una máquina virtual: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de tarjeta de red.</li> <li>- Adaptador de red local a utilizar.</li> <li>- Dirección MAC del dispositivo.</li> </ul> </li> <li>6. Confirmar la inserción de la nueva tarjeta de red.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con una tarjeta de red más.

Tabla 108: Prueba de aceptación PA-06.

Identificador: PA-07	
<b>Título:</b>	Eliminar una tarjeta de red de una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la eliminación de una tarjeta de red de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-13.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual de la que se quiere eliminar una tarjeta de red.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de eliminar la tarjeta de red que se quiera.</li> <li>5. Confirmar la eliminación de la tarjeta de red de la máquina virtual.</li> </ol>

Identificador: PA-07	
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con una tarjeta de red menos.

Tabla 109: Prueba de aceptación PA-07.

Identificador: PA-08	
<b>Título:</b>	Añadir una unidad de CD-ROM a una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la inserción de una unidad de CD-ROM a una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-14, RSF-15.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual a la que se quiere añadir una nueva unidad de CD-ROM.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de insertar una nueva unidad de CD-ROM.</li> <li>5. Rellenar los datos necesarios para crear una nueva unidad de CD-ROM en la pantalla de inserción de unidad de CD-ROM a una máquina virtual: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de dispositivo.</li> <li>- Tipo de almacenamiento.</li> <li>- Medio a utilizar.</li> </ul> </li> <li>6. Confirmar la inserción de la nueva unidad de CD-ROM.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con una unidad de CD-ROM más.

Tabla 110: Prueba de aceptación PA-08.

Identificador: PA-09	
<b>Título:</b>	Eliminar una unidad de CD-ROM de una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la eliminación de una unidad de CD-ROM de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-16.

Identificador: PA-09	
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual de la que se quiere eliminar una unidad de CD-ROM.</li> <li>3. Acceder a la configuración de hardware de la máquina virtual.</li> <li>4. Acceder a la opción de eliminar la unidad de CD-ROM que se quiera.</li> <li>5. Confirmar la eliminación de la unidad de CD-ROM de la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Máquina virtual con una unidad de CD-ROM menos.

Tabla 111: Prueba de aceptación PA-09.

Identificador: PA-10	
<b>Título:</b>	Eliminar una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la eliminación de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-17.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual que se quiere eliminar.</li> <li>3. Acceder a la opción de eliminar la máquina virtual.</li> <li>4. Confirmar la eliminación de la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual desaparece de la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 112: Prueba de aceptación PA-10.

Identificador: PA-11	
<b>Título:</b>	Clonar una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la clonación de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-18.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de clonación, indicando el identificador de la máquina virtual origen.</li> </ol>

Identificador: PA-11	
<b>Criterio de aceptación:</b>	Nueva máquina virtual idéntica aparece en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 113: Prueba de aceptación PA-11.

Identificador: PA-12	
<b>Título:</b>	Migrar una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la migración de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-19, RSF-20.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la opción de migrar una máquina virtual.</li> <li>3. Seleccionar las opciones que se quieran en la pantalla de migración de máquinas virtuales: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nodo origen.</li> <li>- Nodo destino.</li> <li>- Identificador de la máquina virtual a migrar.</li> <li>- Si se quiere realizar la migración en línea o no.</li> </ul> </li> <li>4. Confirmar la migración de la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual migrada desaparece de uno de los nodos y aparece en el nodo de destino en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 114: Prueba de aceptación PA-12.

Identificador: PA-13	
<b>Título:</b>	Redimensionar el disco duro de una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la redimensión de un disco duro de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-21, RSF-22.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar herramienta de redimensión de disco de LVM2, indicando el nombre del dispositivo asociado a la máquina virtual, así como el nuevo tamaño.</li> </ol>

Identificador: PA-13	
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual queda con el disco duro redimensionado.

Tabla 115: Prueba de aceptación PA-13.

Identificador: PA-14	
<b>Título:</b>	Encender una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba el encendido de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-23.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual que se quiere encender.</li> <li>3. Acceder a la opción de encender la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual aparece como encendida en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 116: Prueba de aceptación PA-14.

Identificador: PA-15	
<b>Título:</b>	Apagar una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba el apagado de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-24.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual que se quiere apagar.</li> <li>3. Acceder a la opción de apagarla máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual comienza el apagado hasta aparecer como detenida en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 117: Prueba de aceptación PA-15.

Identificador: PA-16	
<b>Título:</b>	Detener una máquina virtual.

Identificador: PA-16	
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la detención de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-03, RSF-06, RSF-07, RSF-25.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder a la pantalla de administración de máquinas virtuales de Proxmox.</li> <li>2. Acceder a la máquina virtual que se quiere detener.</li> <li>3. Acceder a la opción de detener la máquina virtual.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	La máquina virtual aparece como detenida en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 118: Prueba de aceptación PA-16.

Identificador: PA-17	
<b>Título:</b>	Clonar varias veces una máquina virtual.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la clonación múltiple de una máquina virtual por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-26, RSF-27.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de clonación, indicando el identificador de la máquina virtual origen y el número de máquinas virtuales total a obtener.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Múltiples nuevas máquinas virtuales idénticas a la máquina virtual origen aparece en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 119: Prueba de aceptación PA-17.

Identificador: PA-18	
<b>Título:</b>	Eliminar varias máquinas virtuales.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la eliminación de varias máquinas virtuales por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-28.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de gestión, indicando el rango de identificadores de máquinas virtuales y la operación a realizar sobre ellas, eliminar.</li> </ol>

Identificador: PA-18	
<b>Criterio de aceptación:</b>	Todas las máquinas virtuales del rango seleccionado desaparecen de la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 120: Prueba de aceptación PA-18.

Identificador: PA-19	
<b>Título:</b>	Encender varias máquinas virtuales.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba el encendido de varias máquinas virtuales por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-29.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de gestión, indicando el rango de identificadores de máquinas virtuales y la operación a realizar sobre ellas, encender.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Todas las máquinas virtuales del rango seleccionado aparecen encendidas en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 121: Prueba de aceptación PA-19.

Identificador: PA-20	
<b>Título:</b>	Apagar varias máquinas virtuales.
<b>Descripción:</b>	Se comprueba el apagado de varias máquinas virtuales por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-30.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de gestión, indicando el rango de identificadores de máquinas virtuales y la operación a realizar sobre ellas, apagar.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Todas las máquinas virtuales del rango seleccionado comienzan a apagarse hasta aparecer como detenidas en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 122: Prueba de aceptación PA-20.

Identificador: PA-21	
<b>Título:</b>	Detener varias máquinas virtuales.

Identificador: PA-21	
<b>Descripción:</b>	Se comprueba la detención de varias máquinas virtuales por parte del administrador.
<b>Requisitos relacionados:</b>	RSF-31.
<b>Procedimiento:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acceder al servidor que contiene la máquina virtual origen mediante SSH.</li> <li>2. Ejecutar script de gestión, indicando el rango de identificadores de máquinas virtuales y la operación a realizar sobre ellas, detener.</li> </ol>
<b>Criterio de aceptación:</b>	Todas las máquinas virtuales del rango seleccionado aparecen como detenidas en la pantalla de administración de máquinas virtuales.

Tabla 123: Prueba de aceptación PA-21.

## 4.6.2. Pruebas de rendimiento

Para la realización de las pruebas de rendimiento se utilizan las herramientas explicadas en el apartado 3.1.5 *Aplicaciones de medición de rendimiento*, con las que se obtienen los valores que permiten establecer las capacidades, en cuanto a número de máquinas virtuales, que tiene la plataforma.

Todas estas pruebas de rendimiento se basan en la misma técnica, estresar las máquinas virtuales en términos de memoria RAM, CPU y accesos a disco duro, y medir con las herramientas anteriormente mencionadas el uso de los distintos recursos hardware. De esta manera se consigue tener una idea de la utilización de los servidores.

Las primeras pruebas realizadas fueron para establecer donde podía haber mayor riesgo (CPU o acceso a disco, ya que en cuanto a memoria RAM no puede haber problemas porque las máquinas virtuales adquieren la totalidad de la memoria de RAM asignada a la máquina y es el sistema operativo huésped el que la gestiona). Para ello se utilizaron las siguientes configuraciones:

- 10 máquinas virtuales en cada servidor utilizando disco local.
- 10 máquinas virtuales en cada servidor utilizando disco en red.
- 30 máquinas virtuales en cada servidor utilizando disco local.
- 30 máquinas virtuales en cada servidor utilizando disco en red.

Puesto que ambos servidores son idénticos, los resultados en cada servidor fueron muy similares por lo que únicamente se recogen las estadísticas de uno de los servidores.

Como datos más interesantes de las pruebas realizadas con estas configuraciones se obtienen los siguientes resultados:



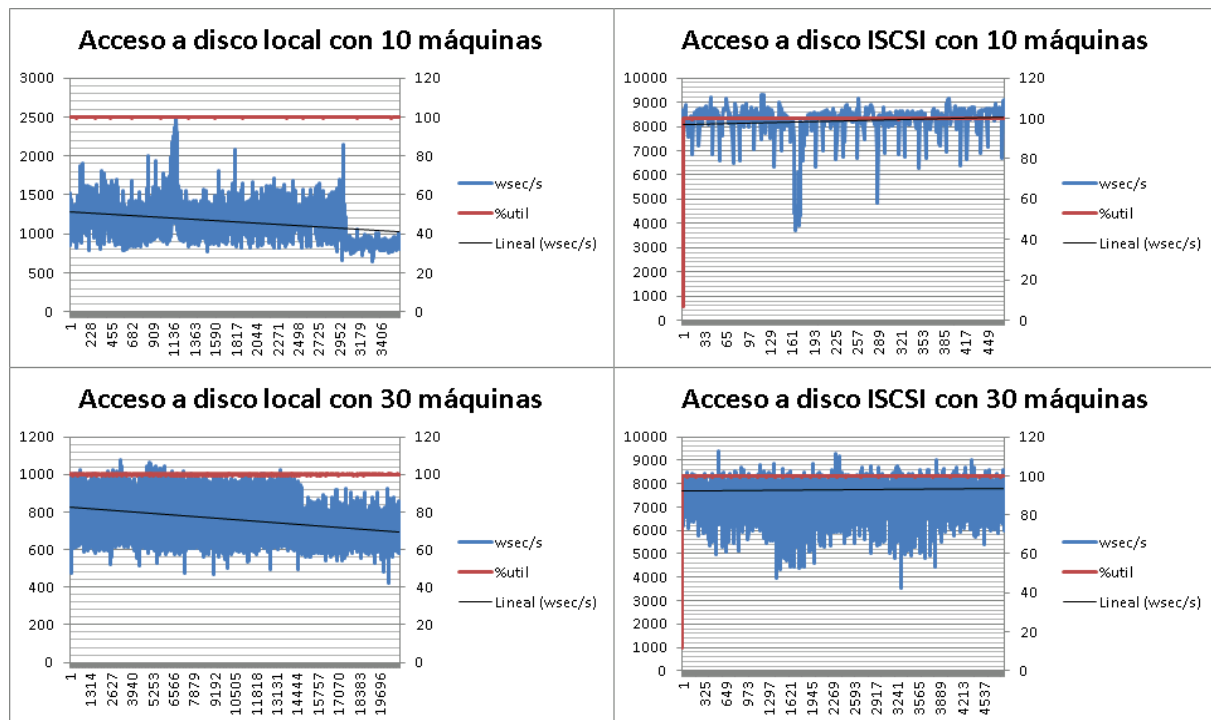


Figura 75: Acceso a disco.

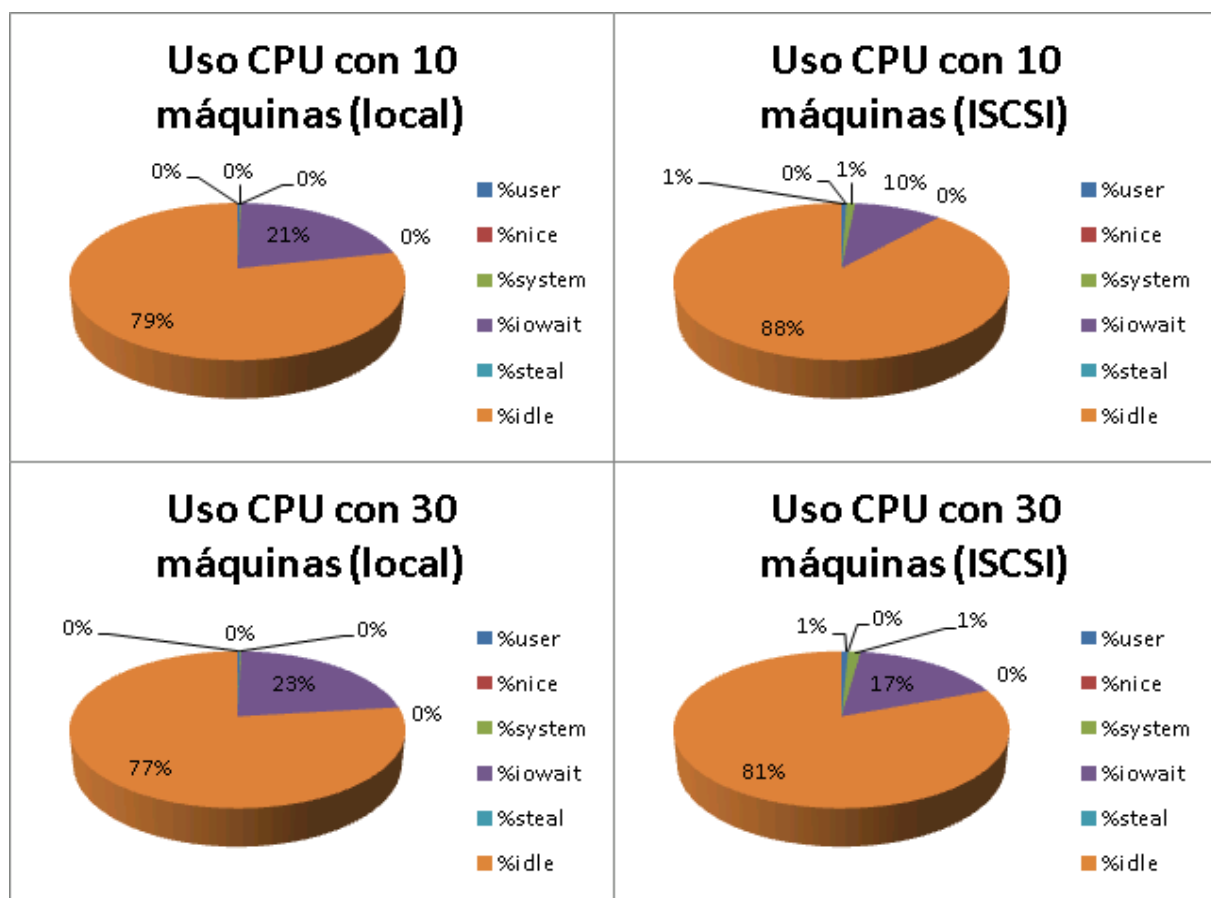


Figura 76: Uso de CPU.

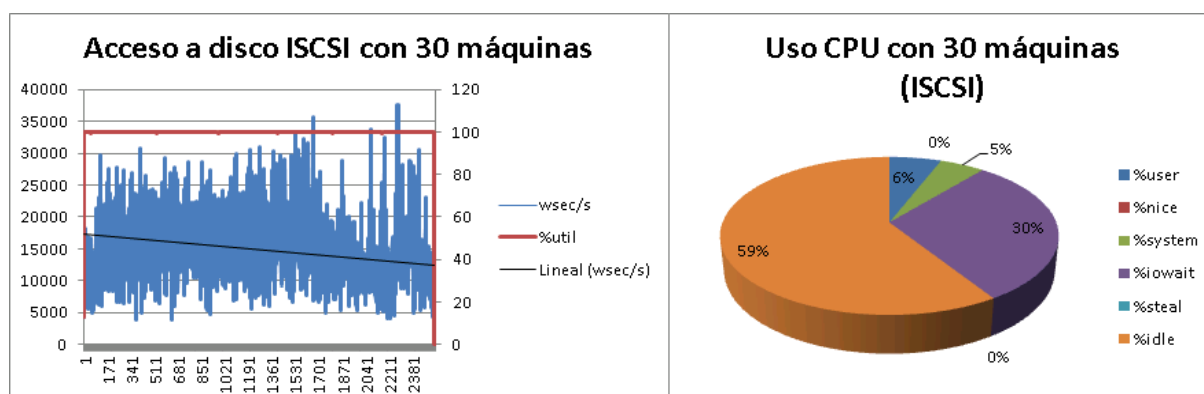
Como puede observarse en las *Figura 75* y *Figura 76*, el uso de CPU de los servidores durante las pruebas de estrés de las máquinas virtuales no resulta demasiado importante, siendo superior en las ejecuciones sobre un disco local. El único tiempo de procesador que resulta relevante es el de espera por procesos de acceso a disco. Este dato pone de manifiesto que el cuello de botella del sistema se encuentra en el acceso a disco duro sin importar el tipo de almacenamiento que se utilice.

En cuanto al rendimiento del almacenamiento, puede comprobarse como la utilización de la cabina de almacenamiento en red ofrece un número mucho mayor de operaciones de escritura (medida en sectores por segundo) en disco que la utilización de discos locales. En concreto, los valores resultan aproximadamente un orden de magnitud mejores, en el acceso a disco en red que en el acceso a disco local. En cuanto a la diferencia de rendimiento entre el conjunto de 10 máquinas virtuales por cada servidor (20 en total) y 30 máquinas virtuales por cada servidor (60 en total), las diferencias son menos importantes y, además, son proporcionales entre máquinas con disco local y máquinas con disco en red.

Así, con la intención de mejorar las comunicaciones en general, y los accesos a disco duro en particular, se decide utilizar otro tipo de disco duro y otro tipo de tarjeta de red. En concreto se realizan pruebas mediante los tipos de disco duro y de red VIRTIO, los cuales requieren de la instalación de unos drivers paravirtualizados en el sistema huésped para poder funcionar.

En esta ocasión, dado que con las pruebas anteriores se pudo comprobar dónde se encuentran los límites del sistema, únicamente se realizaron pruebas de acceso a disco con 30 máquinas virtuales en cada servidor. Además, habiendo visto que los accesos al disco en red eran mucho mejores que los accesos en local, y puesto que a consecuencia de los requisitos del proyecto se debe utilizar dicho almacenamiento, se desestima la realización de pruebas con disco local ya que resultarían irrelevantes.

Así, los resultados obtenidos son los siguientes;



**Figura 77: Uso de disco ISCSI y CPU con 30 máquinas virtuales.**

Como puede verse, el resultado fue completamente satisfactorio, ya que el número de sectores escritos por segundo en el disco en red se vio incrementado en

un 100%, pasando de los, aproximadamente, 8000 wsec/s que se conseguían antes de la instalación de los drivers paravirtualizados, a los, aproximadamente, 16000 wsec/s que se consiguieron gracias a estos drivers. Esto supone del orden del doble de velocidad en cuanto a los accesos al disco duro. Pero esta mejora tiene un inconveniente, como puede observarse en la figura, el tiempo de procesador dedicado a las operaciones de acceso a disco se ha visto incrementado considerablemente, en comparación con los datos obtenidos en las pruebas anteriores. Este hecho podría suponer ciertos problemas, tanto en el rendimiento de las máquinas virtuales como en el rendimiento de los servidores. Sin embargo, puesto que se trata de una prueba de estrés, las situaciones de los servidores y de las máquinas virtuales en estas pruebas no son más que casos extremos a los que es muy poco probable que se llegue.

Finalmente, se concluye que, en caso de necesitarse, la plataforma sería perfectamente capaz de soportar hasta 60 máquinas virtuales utilizando el mismo disco compartido en red. Las máquinas no se verían perjudicadas en cuanto a rendimiento. Sin embargo, superando ese número de máquinas virtuales, no podría asegurarse un correcto funcionamiento, debido a los altos porcentajes de uso de CPU por los procesos de acceso a disco duro que podrían producirse en momentos puntuales.

## 4.7. Producción

La fase de producción del proyecto tiene una duración aproximada de 6 meses, en los cuales los teletrabajadores han hecho uso de las máquinas virtuales para realizar sus tareas diarias.

Durante este período de producción, que se encuentra llegando a su fin, el sistema ha permanecido estable de manera general. Únicamente se han ido detectando errores esporádicos en las máquinas virtuales y, respecto al almacenamiento, una incidencia puntual en el que el sistema estuvo temporalmente sin servicio y, por tanto, las máquinas virtuales también. En este caso, el sistema de monitorización alertó del problema y se lograron llevar a cabo las medidas pertinentes, junto con el resto de grupos implicados de la UC3M, para subsanar el problema y retomar el servicio de teletrabajo lo antes posible.

En cuanto a errores de las máquinas virtuales, éstos se produjeron al nivel del sistema operativo instalado, los cuales, gracias al sistema de monitorización que cubre la plataforma de virtualización, fueron subsanados en el menor tiempo posible.

De manera general, el proyecto ha resultado ser un éxito ya que, según los teletrabajadores, el rendimiento de las máquinas virtuales ha resultado ser excepcional, llegando a superar, en algunos casos, el rendimiento de la propia máquina de trabajo local.

Actualmente la presente convocatoria de teletrabajo se encuentra llegando a su fin, aunque se espera una nueva convocatoria para mayo de 2012.

## 4.8. Resumen del proyecto

Con el objetivo de obtener una visión resumida del proyecto en términos de tiempos y costes, en este apartado se detalla la planificación final seguida durante el transcurso del proyecto, así como un presupuesto a modo de resumen de los costes del mismo.

### 4.8.1. Planificación

En la planificación seguida a lo largo del proyecto se pueden ver las distintas fases realizadas, entre las que destaca la fase, “COMISIÓN DE TELETRABAJO”, que representa las acciones tomadas por el CAU en paralelo con la fase de implantación del sistema.

A continuación se muestra la planificación detallada, junto con los tiempos totales del proyecto, así como los diagramas de Gantt.

ID	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Final	Predecesora
1	<b>FASE DE ANÁLISIS</b>	<b>23 días</b>	<b>04/10/2010</b>	<b>03/11/2010</b>	-
2	Especificación de requisitos	9 días	04/10/2010	14/10/2010	-
3	Pruebas iniciales	5 días	15/10/2010	21/10/2010	2
4	Evaluación de plataformas	9 días	22/10/2010	03/11/2010	3
5	<b>FASE DE DISEÑO</b>	<b>22 días</b>	<b>04/11/2010</b>	<b>03/12/2010</b>	-
6	Uso de plataforma de virtualización	16 días	04/11/2010	25/11/2010	4
7	Interacción con los teletrabajadores	6 días	26/11/2010	03/12/2010	6
8	<b>FASE DE IMPLANTACIÓN</b>	<b>112 días</b>	<b>06/12/2010</b>	<b>10/05/2011</b>	-
9	Instalación de servidores	25 días	06/12/2010	07/01/2011	7
10	Configuración del sistema	25 días	10/01/2011	11/02/2011	9
11	Configuración de almacenamiento	17 días	14/02/2011	08/03/2011	10
12	Configuración de máquina virtual inicial	4 días	09/03/2011	14/03/2011	11
13	Comprobaciones de rendimiento	24 días	15/03/2011	15/04/2011	12
14	Inserción de máquinas virtuales	2 días	05/05/2011	06/05/2011	19
15	Configuraciones finales	2 días	09/05/2011	10/05/2011	14

ID	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Final	Predecesora
16	<b>COMISIÓN DE TELETRABAJO</b>	<b>44 días</b>	<b>15/03/2011</b>	<b>13/05/2011</b>	-
17	Convocatoria de teletrabajadores	24 días	15/03/2011	15/04/2011	12
18	Contacto con teletrabajadores	3 días	25/04/2011	27/04/2011	17;13;22
19	Configuración de máquina virtual	5 días	28/04/2011	04/05/2011	18
20	Cursos de formación	3 días	11/05/2011	13/05/2011	15
21	<b>FASE DE PRUEBAS</b>	<b>44 días</b>	<b>15/03/2011</b>	<b>13/05/2011</b>	-
22	Pruebas de rendimiento	24 días	15/03/2011	15/04/2011	12
23	Pruebas de aceptación	3 días	11/05/2011	13/05/2011	15
24	<b>FASE DE PRODUCCIÓN</b>	<b>120 días</b>	<b>16/05/2011</b>	<b>28/10/2011</b>	<b>23;20</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>280 días</b>	<b>04/10/2010</b>	<b>28/10/2011</b>	-

Tabla 124: Planificación final.

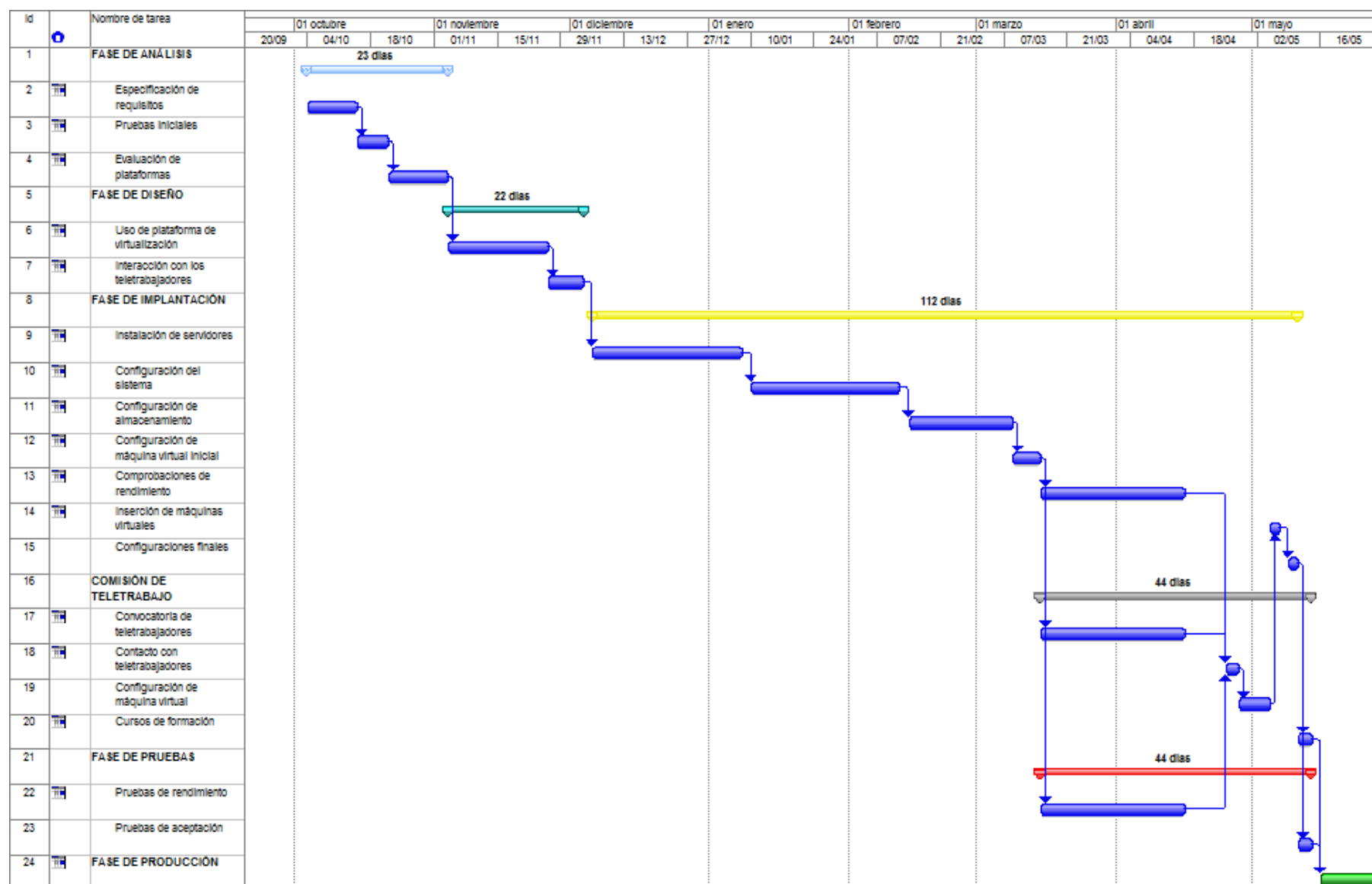


Figura 78: Diagrama de Gantt 1.

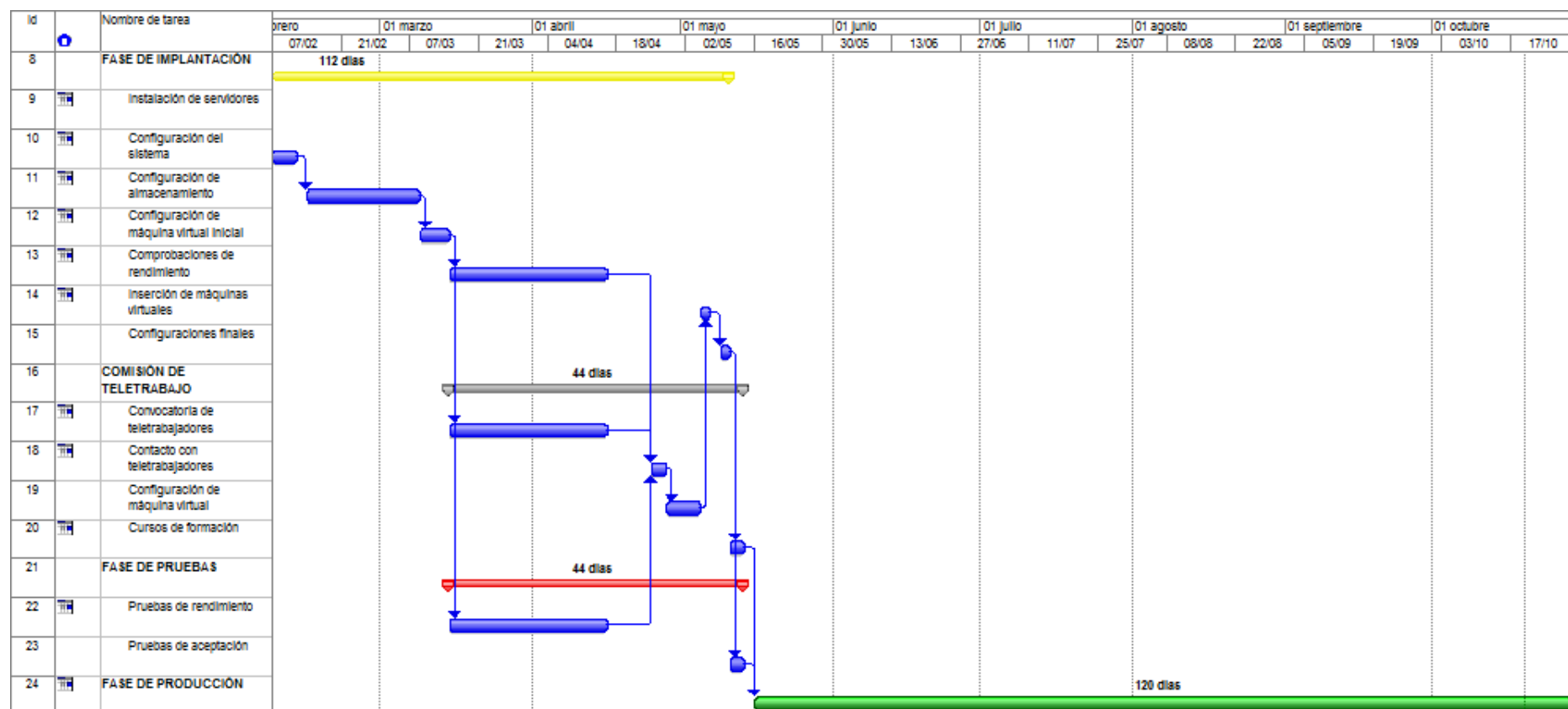


Figura 79: Diagrama de Gantt 2.

Para asegurar el correcto funcionamiento del proyecto, ha sido necesario realizar de manera conjunta gran parte de la fase de implantación con la fase de la comisión de teletrabajo y las pruebas de rendimiento. Como se ve en el diagrama, existen una serie de dependencias entre las distintas tareas de las distintas fases para, después de las pruebas de aceptación y los cursos de formación, pasar a la última fase del proyecto, la producción.

## 4.8.2. Resumen de costes

A partir de la planificación final del proyecto, se han obtenido un total de 280 días laborables (aproximadamente 13 meses).

En cuanto a la colaboración del CAU, únicamente se contempla como colaboración que implique un coste monetario, la tarea de configuración de las máquinas virtuales.

A continuación se muestra la tabla del presupuesto final detallado:

1.- Autor:					
Sergio Gil Blázquez					
2.- Departamento:					
Departamento de Informática					
3.- Descripción del proyecto:					
- Título		Plataforma de virtualización para teletrabajadores de la UC3M desarrollada con software libre			
- Duración		13 meses			
Tasa de costes indirectos		20%			
4.- Presupuesto total del Proyecto:					
					45.951,96 €
5.- Desglose presupuestario:					
PERSONAL					
Apellidos, Nombre		Categoría	Dedicación	Coste mes	Coste
Gil Blázquez, Sergio		Ingeniero	13 meses	2.694,39 €	35.027,07 €
CAU		Ingeniero	0,25 meses	2.694,39 €	658,58 €
EQUIPOS					
Descripción	Coste	% Uso dedicado	Dedicación	Período de depreciación	Coste imputable
Servidor HP ProLiant BL460c	6.017,65 €	100	13 meses	60	1.303,82 €
Servidor HP ProLiant BL460c	6.017,65 €	100	13 meses	60	1.303,82 €
SUBCONTRATACIÓN DE TAREAS					
No aplicable					
OTROS COSTES DIRECTOS DEL PROYECTO					



No aplicable.	
<b>6.- Resumen de costes:</b>	
Detalle	Costes totales
Personal	35.685,65 €
Amortización	2.607,65 €
Subcontratación de tareas	0 €
Costes de funcionamiento	0 €
Costes indirectos	7.658,66 €
<b>Total</b>	<b>45.951,96 €</b>

Tabla 125: Presupuesto del proyecto.

---

## Capítulo V

# Conclusiones

---

A continuación se resumen las conclusiones extraídas del desarrollo del proyecto, partiendo de los objetivos iniciales planteados.

El principal objetivo del proyecto era el de proporcionar un servicio de teletrabajo para que empleados de la UC3M pudieran desarrollar parte de su jornada laboral desde su propio hogar. Además, se pretendía utilizar una plataforma de virtualización desarrollada con software libre que sirviera como base para ofrecer este servicio.

Para llegar a la consecución de estos objetivos se han tenido que realizar algunas tareas iniciales como la evaluación y posterior selección de una tecnología de virtualización, una investigación sobre plataformas de virtualización disponibles, o distintas pruebas de rendimiento para asegurar que la plataforma sería capaz de mantener un cierto número de máquinas virtuales.

Se han evaluado distintas herramientas de virtualización que utilizan distintas técnicas para virtualizar (emulación, virtualización completa, paravirtualización, virtualización a nivel de sistema operativo), confirmándose que existen varias alternativas con licencia libre, que compiten con las distintas alternativas propietarias. Además, de entre las distintas alternativas con licencia libre evaluadas, se ha visto que existen varias soluciones que proporcionan virtualización completa y que, por tanto, resultarían válidas para la consecución de este proyecto, destacando: KVM, Xen y VirtualBox. Estas alternativas tienen la ventaja de proporcionar virtualización completa, siempre y cuando el hardware lo permita, sin embargo, no todas ofrecen las mismas características. La principal ventaja de KVM es que viene integrada en el núcleo de GNU/Linux y su configuración es muy sencilla, mientras que Xen debe instalarse como utilidad aparte y su configuración es mucho más compleja. VirtualBox, en cambio, debe instalarse como utilidad aparte pero su manejo y configuración son muy sencillos. Por su parte, la principal desventaja de VirtualBox es que se trata de una herramienta especialmente preparada para sistemas de escritorio y que no proporciona suficientes funcionalidades para manejar grandes grupos de máquinas virtuales.

Entre los objetivos del proyecto se podían distinguir objetivos relacionados con la funcionalidad que se perseguía obtener, como el hecho de que la plataforma de virtualización dispusiera de herramientas básicas de gestión de las máquinas virtuales, y objetivos relacionados con la fiabilidad, disponibilidad y seguridad que debía tener la plataforma, como el sistema de copias de seguridad, la restricción de accesos o la alta disponibilidad requerida.

En cuanto a los primeros, se ha tratado de proporcionar una plataforma lo más completa posible, dentro de las soluciones disponibles en el mercado, que proporcionara funcionalidades para gestionar las máquinas virtuales como el encendido, apagado, creación o eliminación de máquinas virtuales. Además, se han desarrollado todas las herramientas necesarias para complementar las funcionalidades ofrecidas por la plataforma, de manera que los objetivos generales quedasen cubiertos. Así, se han desarrollado los *scripts* de clonación, gestión y limpieza de dispositivos lógicos de máquinas virtuales, que junto a la utilización de las herramientas de gestión de LVM2, han servido de apoyo para completar las funcionalidades de la plataforma. De esta forma, se ha proporcionado la posibilidad de clonar, encender, apagar, detener o eliminar un conjunto de máquinas virtuales, redimensionar un disco duro de una máquina virtual y eliminar un dispositivo lógico obsoleto, todo ello con un simple comando, lo que ofrece una gran facilidad de gestión y mantenimiento.

Por último, se puede destacar que el desarrollo de esta plataforma ha dado la opción de proporcionar un servicio que los teletrabajadores implicados han acogido con gran satisfacción, tal y como lo demuestran los emails recibidos.

Finalmente, en cuanto a los objetivos de fiabilidad, disponibilidad y seguridad, se ha realizado un esfuerzo, principalmente técnico, para satisfacer estos requisitos no funcionales que, en el contexto de la UC3M, debe cumplir todo servicio de calidad. Estos aspectos han adquirido unas dimensiones que permiten ser el objeto de un segundo proyecto fin de carrera, desarrollado por Alberto González (González Piedra, 2011).

---

## Capítulo VI

# Líneas futuras

---

En este capítulo se exponen algunas de las mejoras que podrían llevarse a cabo como futuras ampliaciones del proyecto.

Como primera mejora a realizar, estaría la integración de las distintas herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto junto con Proxmox. En concreto, los *scripts* utilizados para realizar clonación de máquinas virtuales y para gestionar conjuntos de máquinas virtuales, así como el comando utilizado para redimensionar los discos duros de las máquinas virtuales. Sería mucho más interesante poder integrar estas funcionalidades en la propia interfaz web de Proxmox para facilitar todas las gestiones.

Esta mejora no sería excesivamente complicada de llevar a cabo, ya que las propias acciones que incluye Proxmox ya utilizan, en un nivel más bajo, comandos de otras herramientas como QEMU o LVM2. Por tanto, simplemente se trataría de agregar la funcionalidad en la interfaz de administración de máquinas virtuales y que ésta hiciera uso de los *scripts* ya programados en el presente proyecto.

Otra mejora a desarrollar sería la inclusión de una gestión de usuarios sobre Proxmox, ya que éste únicamente configura un usuario administrador del sistema y no proporciona utilidad de configuración de más usuarios. Realizando una gestión de usuarios más o menos exhaustiva se podrían conseguir funcionalidades como que cada usuario pudiera gestionar su propia máquina virtual (encendido, apagado, tamaño de disco, memoria RAM, CPU, etc.) dentro de unos límites preestablecidos por parte del administrador, programar encendidos o apagados de máquinas virtuales al gusto del propio usuario e incluso la propia gestión de copias de seguridad (siempre dentro de unos límites de almacenamiento definidos por el administrador a priori).

Igualmente, se podría incluir un sistema de estadísticas como el que proporciona el sistema que actualmente realiza la monitorización de los servidores y de las máquinas virtuales (*Figura 39*). Y, relacionado con la mejora mencionada anteriormente, se podrían incorporar estas estadísticas de manera personalizada en el perfil de cada usuario.

Finalmente, se podría desarrollar un sistema de balanceo de carga automático, de manera que Proxmox realizará las migraciones de máquinas virtuales entre los servidores, según la carga que hubiera en cada servidor. Para ello, debería poderse monitorizar, de manera programada, los recursos utilizados en cada servidor para poder automatizar las decisiones pertinentes de migración de máquinas virtuales.

---

## Capítulo VII

# Referencias

---

- ABC.ES. *Microsoft deberá compartir sus códigos de Windows* [en línea]. 2002 [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-17-02-2002/abc/Internet/microsoft-debera-compartir-sus-codigos-de-windows\\_78658.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-17-02-2002/abc/Internet/microsoft-debera-compartir-sus-codigos-de-windows_78658.html)>.
- ARIAS CHAVES, Michael. *Percepción general de la virtualización de los recursos informáticos* [en línea]. Inter Sedes, 2008 - 2009. ISSN: 1409-4746. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.intersedes.ucr.ac.cr/ojs/index.php/intersedes/article/view/214/213>>.
- ATOPTOOL.NL. *Atop* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.atoptool.nl>>.
- BAILEY, D. y KURLAND, N. *A review of telework research: Findings, new directions, and lessons for the study of modern work*. Journal of Organizational Dynamics. 2002, Vol. 28, Págs. 383-400.
- BELLARD, Fabrice. *QEMU* [en línea]. 2011. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://wiki.qemu.org>>.
- BENCHIMOL, G. *L'entreprise délocalisée*. Paris: Hermès, 1994. Pág. 112.
- BLANCO ROMERO, Asunción. *Teletrabajo, género y territorio. Una comparación entre Cataluña, Ardèche y Québec* [en línea]. Dirección: Gemma Cànoves Valiente. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Geografia, 2005. [Consultado el 27 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://tesisred.net/bitstream/handle/10803/4960/abr1de1.pdf?sequence=1>>.
- BUSSIÈRES, Y.; LEWIS, P. y THOMAS, C. *L'impacte du télétravail et de la réorganisation du temps de travail sur la mobilité et les besoins en transport dans les régions de Montreal et de Québec: Analyse prospective*. Quebec: INRS urbanisation. GRIMES/CRAD. Institut d'urbanisme, 1999. Pág. 173.
- CEFRIO. *Le télétravail: articuler qualite de vie et performance*. Rapport de recherche au Centre francophone d'information des organisations. 2001, Pág. 79.
- CIMARRA, Arturo. *Teletrabajo ¿la tendencia del siglo XXI?* [en línea]. Equipos y Talento. 2005 [Consultado el 25 Septiembre 2011]. Disponible en:

- <<http://www.equiposytalento.com/tribunas/page-personnel/teletrabajobrla-tendencia-del-siglo-xxi>>.
- CITRIX SYSTEMS INC. *Xen* [en línea]. 2011. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://xen.org/>>.
- COKER, Russell. *Bonnie++* [en línea]. 2001. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.coker.com.au/bonnie++/>>.
- CULEBRO JUÁREZ, Montserrat; GÓMEZ HERRERA, Wendy Guadalupe y TORRES SÁNCHEZ, Susana. *Software libre versus software propietario. Ventajas y desventajas* [en línea]. México, Mayo 2006. [Consultado el 29 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://www.rebellion.org/docs/32693.pdf>>.
- DIARIOTI.COM. *Bush prefiere perder ante Microsoft* [en línea]. 2000a [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://diarioti.com/gate/n.php?id=2769>>.
- DIARIOTI.COM. *Juez se inclina por dividir a Microsoft en tres* [en línea]. 2000b [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://diarioti.com/gate/n.php?id=3598>>.
- EASTEP, Thomas M. *Shorewall* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://shorewall.net/>>.
- FREE SOFTWARE FOUNDATION. *Bash* [en línea]. 2011a. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.gnu.org/s/bash/>>.
- FREE SOFTWARE FOUNDATION. *Definición de Software Libre* [en línea]. 2011b. [Consultado el 28 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>>.
- FUERTES, W. y LÓPEZ DE VERGARA, J.E. *Evaluación de plataformas de virtualización para experimentación de servicios en redes IP* [en línea]. [s.f.]. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://biblioteca.espe.edu.ec/upload/Revista\\_WFuertes\\_JLopez\\_de\\_Vergara\\_Final.pdf](http://biblioteca.espe.edu.ec/upload/Revista_WFuertes_JLopez_de_Vergara_Final.pdf)>.
- GALÁN, Fermín y FERNÁNDEZ, David. *VNUML: Una herramienta de virtualización de redes basada en software libre* [en línea]. 2004. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://jungla.dit.upm.es/~vnuml/papers/OSWC\\_2004.pdf](http://jungla.dit.upm.es/~vnuml/papers/OSWC_2004.pdf)>.
- GARCÍA CALAHORRO, Alberto. *Estudio de rendimiento y funcionalidad sobre diferentes soluciones de virtualización* [en línea]. Dirección: Josep Prieto Blázquez. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Enginyeria de la Informació i de les Comunicacions, 2009. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://www.recercat.net/bitstream/2072/48088/1/PFC\\_AlbertoGarciaCalahorro.pdf](http://www.recercat.net/bitstream/2072/48088/1/PFC_AlbertoGarciaCalahorro.pdf)>.
- GODARD, Sebastien. *SYSSTAT* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://sebastien.godard.pagesperso-orange.fr/>>.
- GONZÁLEZ PIEDRA, Alberto. *Seguridad y monitorización con Software Libre para servicio de teletrabajo de la UC3M*. Dirección: Vicente Palacios Madrid. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Informática, 2011.

- GONZÁLEZ VILLALONGA, Jorge. *Virtualización de la infraestructura informática: impacto en inversiones y costes de explotación* [en línea]. Anales de mecánica y electricidad, 2006. ISSN: 0003-2506. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2189915>>.
- GREENGARD, S. *Making a virtual office a reality*. Personnel Journal. 1994, N° 9, Vol. 73, Págs. 66-79.
- GÓMEZ SÁNCHEZ, Rafael. *Software libre Vs. Software propietario: programando nuestro futuro* [en línea]. HAOL. 2003, N° 2, Págs. 125-140. [Consultado el 02 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.historia-actual.org/Publicaciones/index.php/haol/article/view/24/23>>.
- HANDY, S. y MOKHTARIAN, P. *The future of telecommuting*. Futures. 1996, Vol. 28, Págs. 227-240.
- HENRI, F. *Formation à distance et téléconférence assistée par ordinateur: interactivité, quasi-interactivité ou monologue*. Revue de l'enseignement à distance. 1992a, N° 1, Vol. VII, Págs. 5-24.
- HENRI, F. *Processus d'apprentissage à distance et téléconférence assistée par ordinateur, essai d'analyse*. Canadian Journal of Educational Communication. 1992b, N° 1, Vol. 21, Págs. 3-18.
- HUWS, U.; KORTE, W. y ROBINSON, S. *Telework: Towards the Elusive Office*. Chichester: John Wiley & Sons, 1990.
- JAM SOFTWARE. *HeavyLoad* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.jam-software.com/heavyload/>>.
- JONES PÉREZ, Kathryn M. y GONZÁLEZ, Esteban. *Secretos del VM: Virtualización y Drivers* [en línea]. 2008. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.di-mare.com/adolfo/cursos/2008-2/pp-VM.pdf>>.
- KRIM, Jonathan. *Open-Source Fight Flares At Pentagon* [en línea]. Washington Post Staff Writer. 2002, Pág. E01. [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://rfrost.people.si.umich.edu/courses/SI110/readings/IntellecProp/M\\$\\_vs\\_DOD\\_on\\_OpenSource.pdf](http://rfrost.people.si.umich.edu/courses/SI110/readings/IntellecProp/M$_vs_DOD_on_OpenSource.pdf)>.
- KUHN, Bradley M. y STALLMAN, Richard M. *¿Libertad o poder?* [en línea]. 2009. [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.gnu.org/philosophy/freedom-or-power.es.html>>.
- KURLAND, N. y BAILEY, D. *When workers are here, there, and everywhere: A discussion of the advantages and challenges of telework*. Organizational Dynamics. 1999, Vol. 28, Págs. 53-68.
- DE LUIS, Pilar; MARTÍNEZ, Ángel; PÉREZ, Manuela y VELA, M. José. *El teletrabajo como factor de mejora medioambiental. Efectos indirectos en la vida de las mujeres* [en línea]. Universidad de Zaragoza, Departamento de Economía y Dirección de Empresas y Departamento de Psicología y Sociología, 2006. [Consultado el 27 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://www.caminandoutopias.org.ar/tesis/Teletrabajo-medioambiente-mujeres-Memori.pdf>>.

- MADSEN, S. *The effects of home-based teleworking on work-family conflict*. Human Resource Development Quarterly. 2003, N° 1, Vol. 14, Págs. 35-38.
- MICROSOFT CORP. *A Matter of National Security: Microsoft Government Security Program Provides National Government with Access to Windows Source Code* [en línea]. [Redmon (EEUU)]: Microsoft News Center, Enero 2003. [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.microsoft.com/presspass/features/2003/jan03/01-14gspmundie.msp>>.
- MICROSOFT CORP. *Microsoft .NET* [en línea]. 2011a. [Consultado el 06 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.microsoft.com/net>>.
- MICROSOFT CORP. *Virtual PC* [en línea]. 2011b. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.microsoft.com/windows/virtual-pc/>>.
- MICROSOFT CORP. *Virtual Server* [en línea]. 2011c. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.microsoft.com/windowsserversystem/virtualserver/>>.
- MOKHTARIAN, P. y SALOMON, I. *Modeling the desire to telecommute: the importance of attitudinal factors in behavioural models* [en línea]. Transportation Research A. 1997, Vol. 31, Págs. 35-50. [Consultado el 20 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://www.its.ucdavis.edu/telecom/refpubs.html>>.
- MONTREUIL, S. y LIPPEL, K. *Telework and occupational health: a Québec empirical study and regulations implications*. Safety Science. 2003, Vol. 41, Págs. 339-358.
- MORTEO ORTIZ, M.C. Rodrigo. *Ventajas y Consideraciones sobre la virtualización de infraestructura de Hardware* [en línea]. Septiembre 2007. [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://morteo.isotecmexico.com/Publications/whitepapers/wp\\_virtualizacion.pdf](http://morteo.isotecmexico.com/Publications/whitepapers/wp_virtualizacion.pdf)>.
- MUHAMMAD, Hisham. *Htop* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://htop.sourceforge.net/>>.
- NOVACO, RW.; KLIEWER, W. y BROQUET, A. *Attributes, cognitions, and coping styles: teleworkers' reactions to work-related problems*. Journal of Applied Social Psychology. 1991, Vol. 25, Págs. 117-128.
- OBJECT MANAGEMENT GROUP INC. *UML* [en línea]. 2011. [Consultado el 10 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.uml.org/>>.
- OPEN-ISCSI. *Open-iSCSI* [en línea]. 2005. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.open-iscsi.org/>>.
- ORACLE CORP. *Java* [en línea]. 2011a. [Consultado el 06 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://java.com>>.
- ORACLE CORP. *VirtualBox* [en línea]. 2011b. [Consultado el 06 Octubre 2011]. Disponible en: <<https://www.virtualbox.org/>>.
- PARALLELS INC. *OpenVZ Linux Containers* [en línea]. 2011a. [Consultado el 06 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://wiki.openvz.org>>.



- PARALLELS INC. *Parallels* [en línea]. 2011b. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.parallels.com>>.
- POPEK, Gerald J. y GOLDBERG, Robert P. *Format Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*. 1974. ISSN: 0001-0782.
- PROXMOX SERVER SOLUTIONS GMBH. *Proxmox VE* [en línea]. 2011. [Consultado el 08 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.proxmox.com>>.
- RED HAT INC. *KVM* [en línea]. 2011a. [Consultado el 06 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.linux-kvm.org>>.
- RED HAT INC. *LVM* [en línea]. 2011b. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://docs.redhat.com/docs/en-US/Red\\_Hat\\_Enterprise\\_Linux/6/html-single/Logical\\_Volume\\_Manager\\_Administration/index.html](http://docs.redhat.com/docs/en-US/Red_Hat_Enterprise_Linux/6/html-single/Logical_Volume_Manager_Administration/index.html)>.
- RED HAT INC. *Management Tools - KVM* [en línea]. 2011c. [Consultado el 12 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://www.linux-kvm.org/page/Management\\_Tools](http://www.linux-kvm.org/page/Management_Tools)>.
- SALAZAR C., Cristian. *Teletrabajo y la inclusión laboral de personas con discapacidad* [en línea]. Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. 2007, N° 2, Págs. 69-83. [Consultado el 25 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4233/1/Salazar.pdf>>.
- SECO, Raquel. *Demasiado antiguos para el teletrabajo* [en línea]. ELPAÍS. 2011 [Consultado el 25 Septiembre 2011]. Disponible en: <[http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Demasiado/antiguos/teletrabajo/elpepisoc/20110124elpepisoc\\_1/Tes](http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Demasiado/antiguos/teletrabajo/elpepisoc/20110124elpepisoc_1/Tes)>.
- SEOANE PASCUAL, Joaquín; GONZÁLEZ BARAHONA, Jesús M.; y ROBLES, Gregorio. *Introducción al software libre* [en línea]. 2º ed. 2007. [Consultado el 27 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://curso-sobre.berlios.de/introsobre/2.0.1/sobre.pdf>>.
- STALLMAN, Richard M. *Software libre para una sociedad libre* [en línea]. Traficantes de Sueños, 2004. ISBN: 84-933555-1-8. [Consultado el 28 Septiembre 2011]. Disponible en: <<http://espora.org/biblioweb/sl-ca/sls/softlibre-1.2.pdf>>.
- UC3M: ASYC. *Servicio de Red Privada Virtual* [en línea]. 2011. [Consultado el 08 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://asyc.uc3m.es/index.php?Id=5>>.
- ULLOA Z., Luisa Fernanda. *La virtualización y su impacto en las ciencias computacionales* [en línea]. Revista Digital Lámpsakos. 2009, N° 2, Págs. 118-121. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.funlam.edu.co/lampsakos/n2/n2a13.pdf>>.
- VARMA, V.; HO, G.; STANEK, D. y MOKHTARIAN, P. *The duration and frequency of telecentre use: once a telecommuter, always a telecommuter?* Transportation Research C. 1998, N° 2, Vol. 1, Págs. 47-48.
- VAROQUI, Christophe. *Multipath* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://christophe.varoqui.free.fr/>>.

VIDAL, Miquel. *Cooperación sin mando: una introducción al software libre* [en línea]. España, Agosto 2000. [Consultado el 03 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.sindominio.net/biblioweb/telematica/so>>.

VIORRETA, C. *La capacidad de teletrabajar*. Madrid: Fundación ONCE, 2001.

VMWARE INC. *VMware* [en línea]. 2011. [Consultado el 07 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.vmware.com>>.

ZABBIX SIA. *Zabbix* [en línea]. 2011. [Consultado el 09 Octubre 2011]. Disponible en: <<http://www.zabbix.com>>.

ZABLAH, Isaac; VALIN, R. GARCÍA-LOUREIRO, A. LÓPEZ CACHEIRO, Javier y GÓMEZ-FOLGAR, Fernando. *Comparación del rendimiento entre los hipervisores XEN y KVM usando virtualización* [en línea]. [s.f.]. [Consultado el 04 Octubre 2011]. Disponible en: <[http://jp2011.pcg.ull.es/sites/jp2011.pcg.ull.es/files/Jornadas\\_Para\\_V8.3.pdf](http://jp2011.pcg.ull.es/sites/jp2011.pcg.ull.es/files/Jornadas_Para_V8.3.pdf)>.

ZORRAQUINO, F.J. *Virtualización: Máquina Virtual*. Astic. 2006, Págs. 68-77.

En este capítulo se presentan los *scripts* desarrollados, que facilitan la gestión de las máquinas virtuales y que han sido explicados en el *Capítulo III Herramientas para la elaboración del proyecto*.

## 8.1. Anexo I: Script de clonación de máquinas virtuales

```
#!/bin/bash

VMIDMaquinaOriginal=$1
numTotalMaquinas=2

if [ $# -ne 2 ] && [ $# -ne 1 ]; then
    echo "Este script, realiza una copia de la maquina virtual indicada y lo
    coloca en un directorio temporal (/var/lib/vz/vztmp). Duplica dicha maquina
    hasta conseguir el numero de maquinas virtuales total indicado. Por ultimo,
    inicia todas las maquinas duplicadas y la maquina original."

    echo
    echo "Uso: ./vmclon <VMIDMaquinaOriginal> [<NumTotalMaquinas>]"
    echo "      <VMIDMaquinaOriginal>: Identificador de la maquina plantilla."
    echo "      <NumTotalMaquinas>: Numero total de maquinas, incluida la
    plantilla, a las que se aplicara el script."

    echo
    echo "Si no se introduce el ultimo argumento, se creara una unica copia de
    la maquina introducida"

    echo "Por ejemplo si se introduce el comando 'vmclon 100 3' se crearan 2
    nuevas maquinas virtuales a partir de la 100 y se lanzaran la 100, 101 y 102"
else
    if [ $# -eq 2 ]; then
```

```
numTotalMaquinas=$2

fi

echo "Generando backup inicial..."

echo

directorioBackup="/var/lib/vz/vztmp/vmclon-$(date +%Y_%m_%d-%H_%M_%S)"

rm -fr $directorioBackup

mkdir $directorioBackup

vzdump --dumpdir $directorioBackup --snapshot $VMIDMaquinaOriginal

echo

echo "Clonando maquinas..."

for ((i = ($VMIDMaquinaOriginal + 1); i < ($numTotalMaquinas + $VMIDMaquinaOriginal); i++))

do

    echo

    qmrestore --unique $directorioBackup/*.tar $i

done

echo

echo "Arrancando maquinas..."

for ((i = $VMIDMaquinaOriginal; i < ($numTotalMaquinas + $VMIDMaquinaOriginal); i++))

do

    qm start $i

done

rm -fr $directorioBackup

echo

echo "Tarea finalizada."

fi
```

## 8.2. Anexo II: Script de gestión de máquinas virtuales

```
#!/bin/bash
```

```
opcion=$1
VMIDMaquinaInicial=$2
VMIDMaquinaFinal=$2
accion="sin"

maquina=$(cat /etc/hostname)

remoto=""

if [ $maquina == "prox1" ]; then
    remoto="prox2.uc3m.es"
else
    remoto="prox1.uc3m.es"
fi

if ([ $# -ne 3 ] && [ $# -ne 2 ]) || ([ $opcion != "start" ] && [ $opcion != "stop" ] && [ $opcion != "shutdown" ] && [ $opcion != "destroy" ]); then
    echo "Este script arranca, detiene, apaga o elimina las maquinas indicadas en el rango. Si no se da el identificador de la ultima maquina maquina, unicamente se aplicara el script a la maquina inicial."
    echo
    echo "Uso: ./vmmanagement (start | stop | shutdown | destroy) <MAQ_INICIO> [<MAQ_FIN>]"
    echo "    start: Inicia todas las maquinas."
    echo "    stop: Detiene todas las maquinas (bruscamente)."
    echo "    shutdown: Apaga todas las maquinas (de forma segura)."
    echo "    destroy: Elimina todas las maquinas."
    echo "    <MAQ_INICIO>: Numero identificador de la primera maquina a la que afectara el script."
    echo "    <MAQ_FIN>: Numero identificador de la ultima maquina a la que afectara el script."
elif [ $opcion = "start" ]; then
    echo "Arrancando maquinas..."
    accion="start"
elif [ $opcion = "stop" ]; then
    echo "Parando maquinas..."
    accion="stop"
elif [ $opcion = "shutdown" ]; then
    echo "Parando maquinas de forma segura..."
    accion="shutdown"
elif [ $opcion = "destroy" ]; then
```

```
echo "Eliminando maquinas..."

if [ $# -eq 3 ]; then
    VMIDMaquinaFinal=$3
fi

for ((i = $VMIDMaquinaInicial; i < ($VMIDMaquinaFinal + 1); i++))
do
    qm stop $i
done

accion="destroy"
fi

if [ $accion != "sin" ]; then
    if [ $# -eq 3 ]; then
        VMIDMaquinaFinal=$3
    fi
    for ((i = $VMIDMaquinaInicial; i < ($VMIDMaquinaFinal + 1); i++))
    do
        qm $accion $i
        if [ $opcion = "destroy" ]; then
            ssh $remoto /usr/local/bin/vmtools/vmcleandisk $i
        fi
    done
    echo
    echo "Tarea finalizada."
fi
```

### 8.3. Anexo III: Script de limpieza de dispositivos LVM2

```
#!/bin/bash

directorioMaquinas="/etc/qemu-server"
VMIDMaquina=$1

if [ $# -ne 1 ]; then
    echo "Este script limpia la referencia de los discos utilizados por la maquina indicada si dicha maquina ya no existe."
    echo
    echo "Uso: ./vmcleandisk <VMIDMaquina>"
fi
```

```
    echo "    <VMIDMaquina>: Identificador de la maquina."
else
    respuesta=$(find / -path $directorioMaquinas/$1.conf)
    if [ ! $respuesta ]; then
        discos=( $(ls /dev/mapper | grep -e -$1-) )
        for disco in ${discos[*]}; do
            dmsetup remove /dev/mapper/$disco
            echo "    Disco $disco eliminado correctamente."
        done
        rm -f /dev/iscsi/*-$1-*
    else
        echo "La maquina aun existe y no se eliminaran sus discos."
    fi
fi
```